

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**«КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ
ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН»**

лабораторний практикум

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
для здобувачів ступеня бакалавр за освітніми програмами
«Прикладна механіка пластичності матеріалів», «Технологія виробництва
літальних апаратів»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

«Комп'ютерні технології проектування процесів та машин»: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів що навчаються за освітніми програмами: Прикладна механіка пластичності матеріалів, Технологія виробництва літальних апаратів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Д. Лавріненко, В.В. Піманов, В.М. Горностай. – Електронні текстові дані (1 файл, 5 Мбайт) – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 138 с.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021 р.) за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту (протокол №7 від 22.02.2021 р.)

Електронне мережне навчальне видання

«КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН»

лабораторний практикум

Укладачі:	<i>Лавріненко Антон Дмитрович, канд. техн. наук</i> <i>Піманов Валерій Володимирович, канд. техн. наук</i> <i>Горностай Вадим Миколайович, канд. техн. наук</i>
Відповідальний редактор	<i>Лавріненко А. Д., канд. техн. наук</i>

За редакцією укладачів
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
Лабораторна робота №1	
Ознайомлення з deform-3d. Процес кування.....	5
Лабораторна робота №2	
Препроцесор процесу кування.....	16
Лабораторна робота №3	
Розрахунок кування і постпроцесор.....	32
Лабораторна робота №4	
Квадратне кільце.....	41
Лабораторна робота №5	
Ковка - переміщення заготовки від печі до інструменту.....	50
Лабораторна робота №6	
Кування – затримка на нижньому штампі.....	60
Лабораторна робота №7	
Кування – удар 1.....	68
Лабораторна робота №8	
Ковка – заміна штампа та удар 2.....	76
Лабораторна робота №9	
Аналіз напруженого стану інструменту.....	80
Лабораторна робота №10	
Рульова тяга.....	89
Лабораторна робота №11	
Тримач.....	97
Лабораторна робота №12	
Обтиснення (протягування).....	104
Рекомендації до виконання індивідуального завдання №4.....	118
Рекомендована література.....	126
Додатки (індивідуальні завдання).....	127

ВСТУП

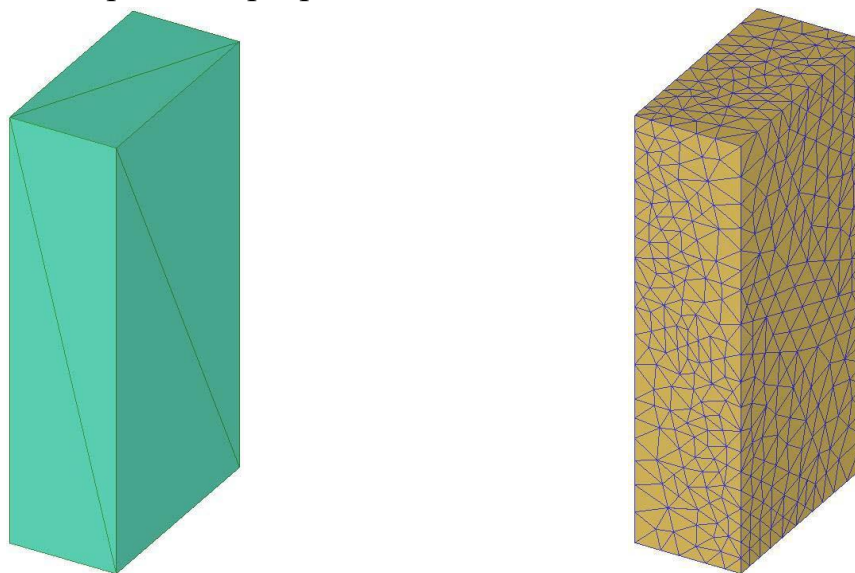
Матеріал викладений у цьому посібнику спрямований на отримання практичних навичок роботи в середовищі програмного пакету DEFORM-3D для моделювання процесів обробки металів тиском методом скінчених елементів.

Отримані під час виконання лабораторних робіт знання та навички дозволять в подальшому розробляти, розраховувати, візуалізувати та вдосконалювати процеси обробки металів тиском та вирішувати реальні завдання технологічного спрямування на підприємствах.

Частина лабораторних робіт, представлених в цьому збірнику, розроблена на основі офіційної інструкції до програми DEFORM.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З DEFORM-3D. ПРОЦЕС КУВАННЯ.

Мета роботи: отримати практичні навички постановки задачі об'ємного деформування в середовищі програми DEFORM. Ознайомлення з інтерфейсом та особливостями роботи програми.



Стислі теоретичні відомості

DEFORM - це спеціалізований програмний комплекс, призначений для моделювання технологічних процесів обробки металів тиском і термообробки. Комплекс, що складається з віртуального штампа, преса, молота, прокатного стану, печі, дозволяє перевірити розроблений технологом процес не експериментально, на реальному виробництві, а віртуально - сидячи за комп'ютером.

На жаль, дуже рідко вдається спроектувати ідеальне оснащення, що дозволяє відразу ж отримувати вироби необхідної якості і з необхідними експлуатаційними характеристиками. У більшості випадків технологічне оснащення доводиться допрацьовувати, змінювати геометрію формотворчих поверхонь, параметри процесу, а іноді і повністю переробляти технологію, що вимагає великих тимчасових і фінансових витрат. Використання системи DEFORM дозволяє уникнути подібних проблем. За допомогою цього потужного інструменту технолог може швидко - всього за кілька годин, провести чисельний експеримент і, виходячи з його результатів, внести зміни в параметри технологічного процесу. При цьому можна змінити не один-два параметра, як це зазвичай буває в цеху, а спробувати десятки варіантів і

отримати дійсно оптимальний технологічний процес - як за якістю, так і за витратами на його виробництво.

Програмний комплекс DEFORM - це складна розрахункова система, яка базується на методі скінченних елементів. Однак, на відміну від багатьох розрахункових програм, DEFORM розроблена для технологів і не вимагає глибоких знань про метод скінченних елементів. Простий і зручний Windows-інтерфейс дозволяє всього за кілька хвилин підготувати завдання і запустити її на розрахунок. При цьому не потрібно чекати завершення розрахунку, щоб побачити результати, так як постпроцесор дозволяє переглядати їх вже в ході розрахунку.

Особливо слід відзначити файлову структуру системи DEFORM. Всі початкові дані і результати розрахунку знаходяться в одному файлі, причому будь-який розрахований крок в препроцесорів можна перетворити в вихідний, після чого його можна редагувати, додавати або прибирати інструмент, міняти його геометрію, варіювати параметри процесу, стан заготівлі або інструменту. Завдяки такій структурі системи користувач має можливість продовжити будь-який перерваний розрахунок, а також повернутися на будь-який крок розрахунку, змінити дані і продовжити розрахунок з модифікованого кроку. Це особливо зручно при моделюванні багатоопераційних процесів при налагодженні тієї чи іншої операції.

DEFORM має модульну структуру [1]. Це дозволяє підібрати оптимальну конфігурацію системи для будь-якого підприємства.

DEFORM дозволяє моделювати пластичну течію матеріалу для гарячих, напівгарячих і холодних процесів, причому це можуть бути як ізотермічні, так і неізотермічні процеси. Теплопередача між об'єктами і всередині них може бути проаналізована як окремий процес або спільно з процесом деформування за сполучену схему. При розрахунку беруться до уваги всі фактори, що впливають на процес штампування: конвекція, випромінювання, тепловиділення при фазових переходах і пластичних деформаціях, виділення тепла при терті, втрати тепла в зоні контакту між заготовкою і інструментом, вплив температури на коефіцієнт тертя і термомеханічні характеристики матеріалу, вплив тиску на тертя і т.д.

У DEFORM немає обмежень на кількість об'єктів в процесі - як тих, деформуються, так і тих, які деформують. Це дозволяє моделювати навіть найскладніші технологічні операції за участю збірних заготовок і будь-якої кількості інструментів. При цьому інструмент може бути нерухомим або

переміщатися в будь-якому напрямку в залежності від параметрів заданого устаткування. Можливо моделювання таких сучасних технологічних процесів, як обкатка або ротаційне витягування. Інструмент може бути заданий як абсолютно жорсткий, і пружний, що деформується. Для технологів дуже важлива можливість аналізу міцності штампа. Ефективний однокроковий алгоритм дозволяє зробити це як для жорсткого, так і для пружного інструменту на будь-якому етапі процесу. Можливий розрахунок декількох інструментів, а також облік попереднього натягу в складеному інструменті.

DEFORM дозволяє задати практично будь-яке обладнання - це гідравлічні преси, молоти, гвинтові преси, кривошипні преси, прокатні стани, причому, задавши параметри всього обладнання, можна створити бібліотеку обладнання даного підприємства або цеху. Спеціальні шаблони допомагають задавати складні процеси (наприклад, протягування на молотах з урахуванням охолодження, проміжним нагріванням і обертанням заготовки).

Система DEFORM надає широкі можливості для обробки результатів, оцінки процесу на наявність дефектів (утворення тріщин, складок, незаповнення штампа і ін.), аналізу течії матеріалу. Результати включають графік зусилля, поля розподілу напружень, деформацій і температури, причому вони можуть бути представлені як графічно і таблично. Наочно показані макро- і мікроструктура виробів, рух окремих точок матеріалу.

Препроцесор

1.1. Створення нового завдання

На unix-машині введіть DEFORM-3D для запуску DEFORM™ -3D. На Windows-машині натисніть кнопку START і виберіть DEFORM-3D з меню. Відкриється головне (MAIN) вікно DEFORM-3D, як показано на Рис.1.1.

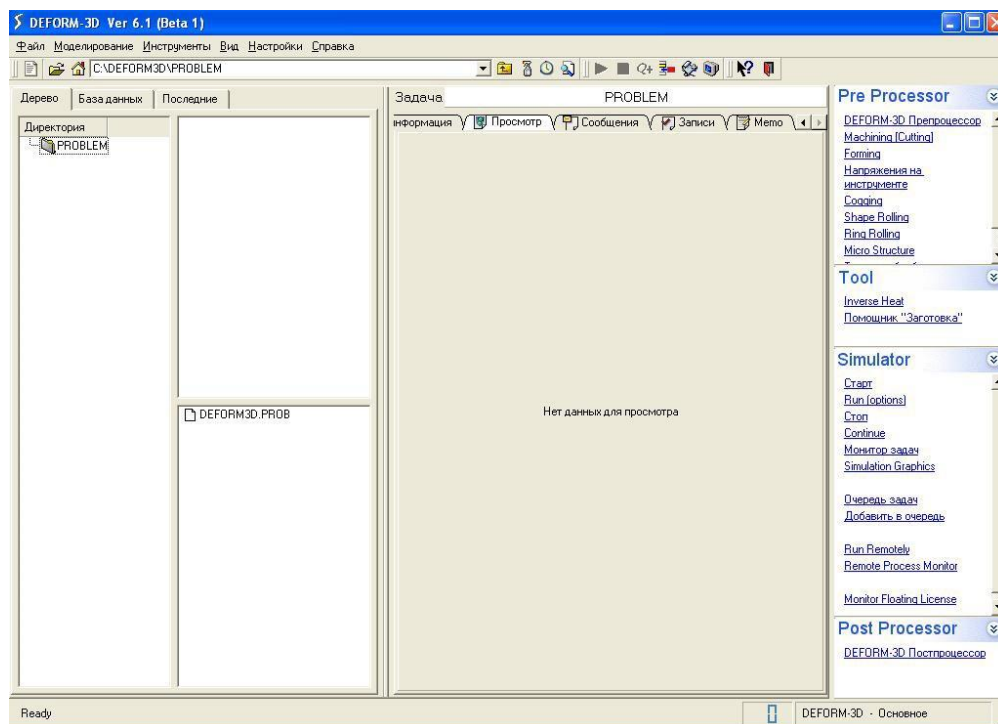




Рисунок 1.1 - Интерфейс вікна програми DEFPORM-3D

Створіть нове завдання вибравши **Файл > Новая задача** або натиснувши кнопку **Новая задача** . З'явиться вікно **Параметры задачи** (Рис. 1.2). Використовуйте установки за замовчуванням для запуску препроцесора DEFORM-3D (не використовуйте жоден з майстрів) і натисніть кнопку .

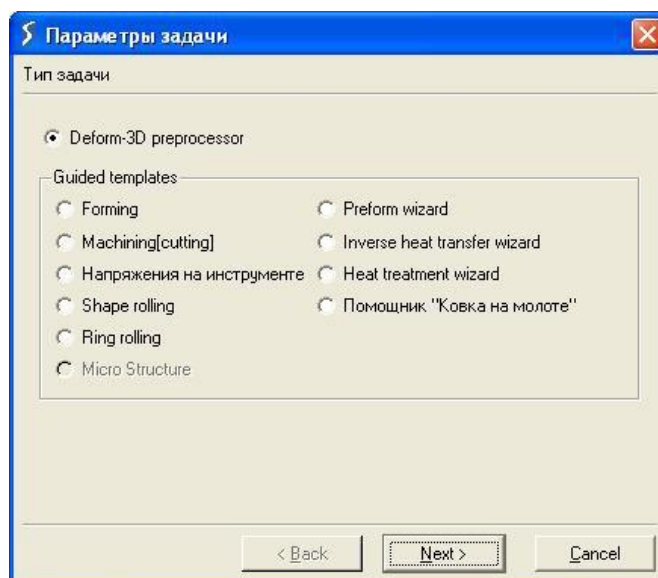



Рисунок. 1.2. – Параметри задачі

Натисніть кнопку  для визначення розташування нового завдання як **'В домашній директорії'** (Рис. 1.2).

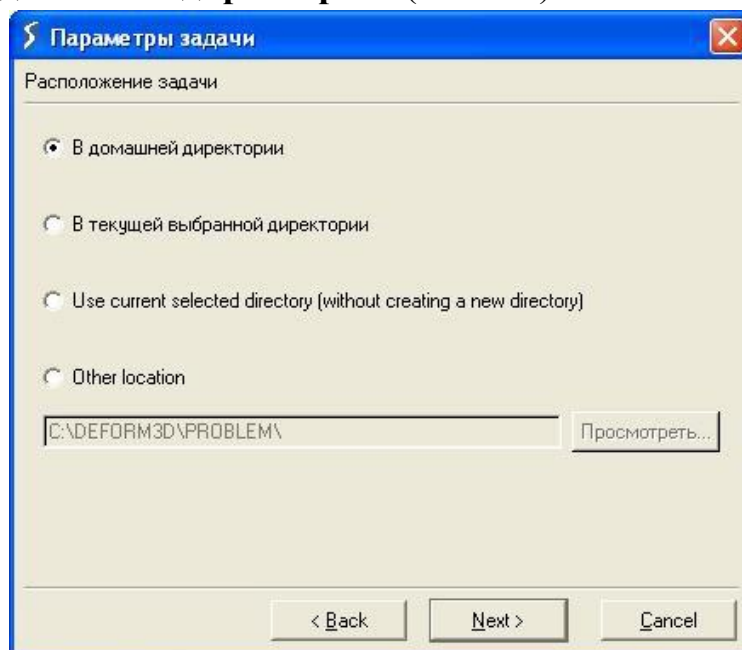



Рисунок. 1.3. – Параметри задачі

В полі **Название задачи** (Рис.1.4), введіть **Block** і натисніть кнопку .

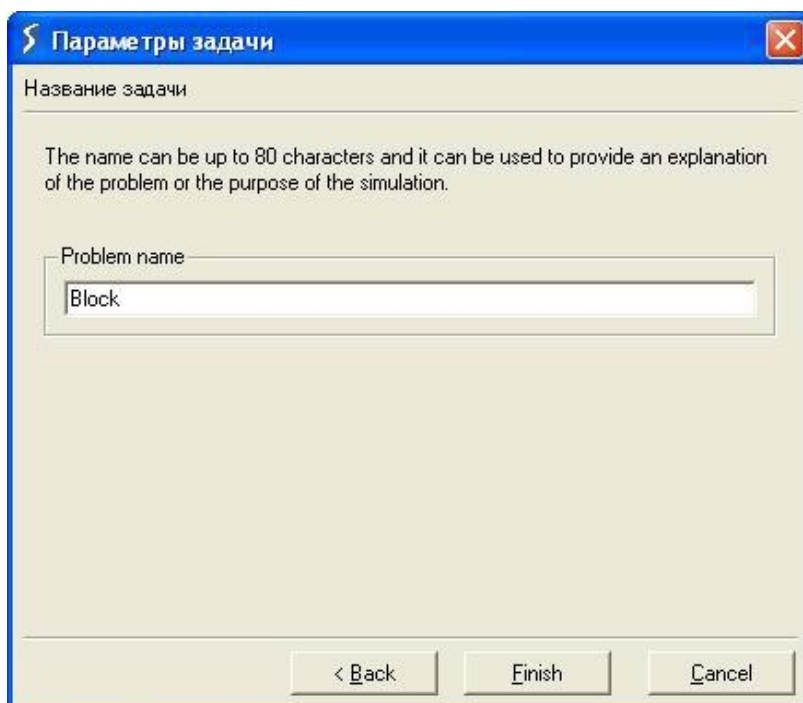








Рисунок. 1.4. – Параметри задачі

Буде відкрито препроцесор DEFORM-3D. Препроцесор розділений на

кілька різних секцій - **Экран**, **Дерево Объектов** и **Данные Объектов** (Рис. 1.5). У верхній частині екрана також знаходиться ряд кнопок. Ці кнопки будуть описані, так як вони зустрічаються в лабораторних роботах. Найбільш важливі з цих кнопок знаходяться справа вгорі. Дається короткий опис кожної (Табл. 1.1):

Таблица 1.1

Кнопка	Призначення	Опис
	Налаштування завдання	У цьому меню визначаються всі параметри розрахунку і критерії зупинки.
	Матеріал	У цьому меню визначаються властивості матеріалів.
	Позиціонування об'єктів	За допомогою цього елемента керування здійснюється позиціонування об'єктів.
	Взаємодія об'єктів	У цьому меню визначаються відносини між об'єктами.
	Генерація бази даних	Коли всі операції препроцесора виконані, це меню використовується для створення бази даних для розрахунку.
	Вихід	За допомогою цієї кнопки здійснюється вихід з препроцесора і повернення до Головного (MAIN) вікно.

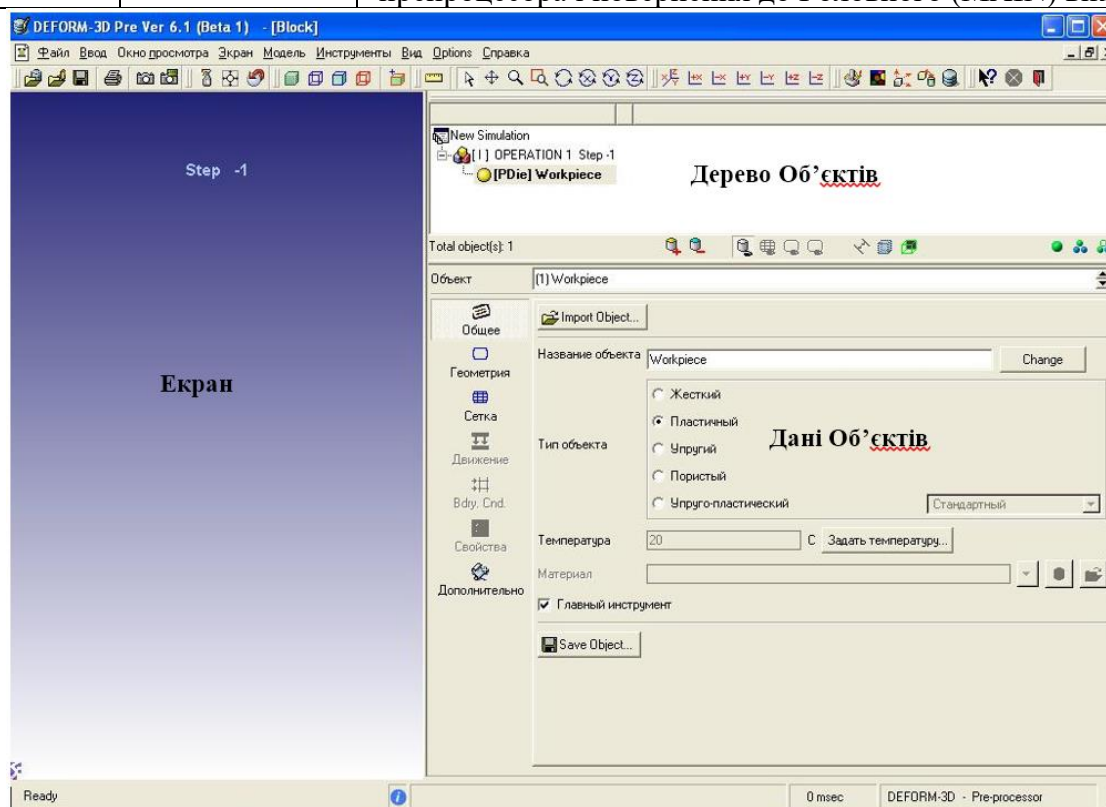




Рисунок. 1.5. – Препроцесор DEFORM-3D
1.2. Установка параметрів розрахунку

Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Настройки задачи** (Рис. 1.6). Змініть **Заголовок задачи** на **Block**. Переконайтеся, що **Единицы измерения** встановлені як **English** і обраний пункт **Деформации** (позначений прапорцем). Для завершення натисніть кнопку .

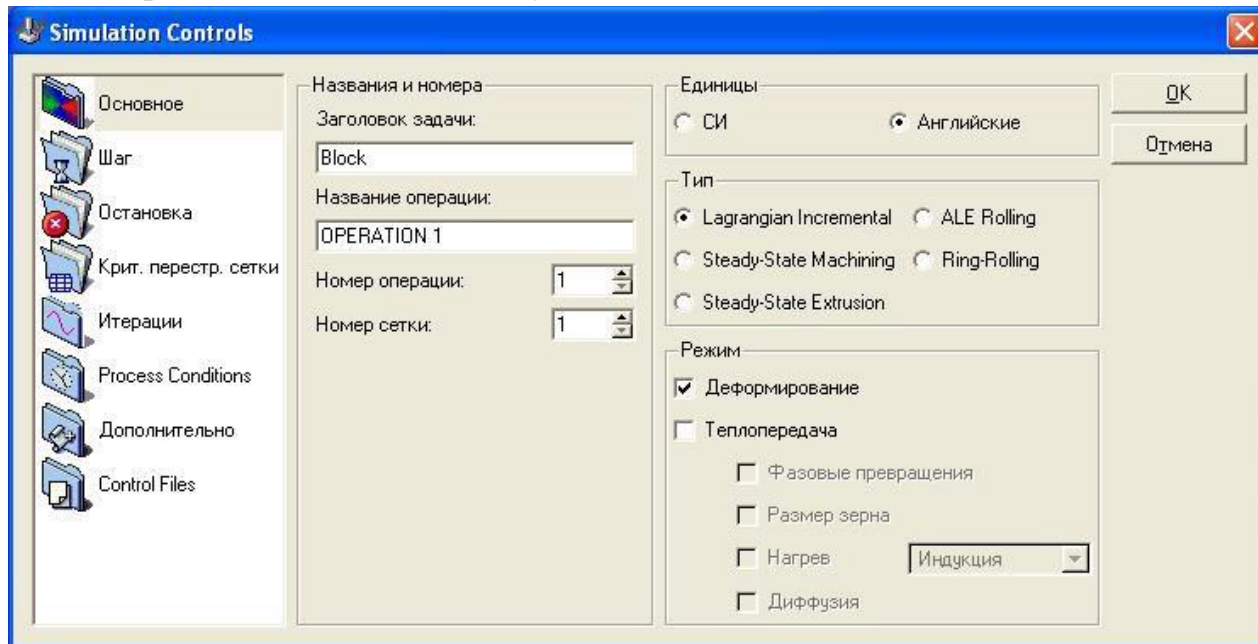


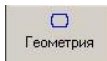
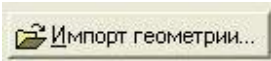




Рисунок 1.6. - Налаштування задачі

1.3. Завантаження даних об'єкта

Додайте об'єкт в задачу, натиснувши **Добавить объект**  знизу **Дерева объектов**. Змініть назву об'єкта з **Object 1** на **Block** і натисніть . Встановіть **Тип Об'єкту - Пластичний (Plastic)**. У DEFORM поверхню об'єкта називається геометрія. Для імпорту геометрії об'єкта натисніть кнопку  і потім кнопку .

Самий загальний тип файлів для імпорту геометрії в DEFORM-3D - стереолітографія -.STL файл. Геометрія для блоку знаходиться в файлі **Block_Billet.STL** папці DEFORM3D\V6.01\Labs. Знайдіть цей файл, виберіть його і натисніть кнопку  для імпорту геометрії в DEFORM. Геометрія прямокутного блоку повинна з'явитися **Окне экран**.

Тепер, коли визначена геометрія Блоку, може бути згенерована скінчено-елементна сітка об'єкту. Натисніть  для відкриття вікна **Управление разбиением сетки**.








Натисніть кнопку **Досмотр**, щоб побачити як виглядає поверхнева сітка при використанні налаштувань за замовчуванням. Так як поверхнева сітка виглядає добре, натисніть кнопку **Генерация** для завершення процесу побудови сітки. Коли побудова сітки завершиться, об'єкт повинен мати 5000 елементів, які можна побачити в **Дереве Объектов** або в розділі **Сводка** вікна **Управление разбиением сетки**.




1.4. Керування екраном

Функції управління **Окном** екран (такі як **Переместить**, **Приблизить\Удалить**, **Увеличить** та **Вращать**) (Табл. 1.2) можуть бути активовані за допомогою кнопок у верхній частині вікна препроцесора. Ці функції також мають просту комбінацію клавіатури/миші для швидкого доступу користувача до цих функцій без додаткового клацання мишею по кнопці. Як тільки ви прочитали про ці функції, використовуйте їх для управління видом Блоку в **Окне** екран.

Таблица 1.2

Кнопки Экрану

	Призначення	Опис
	Перемістити	Об'єкти у вікні Екран можуть бути динамічно панорамуватися вгору, вниз, вліво, або вправо за допомогою переміщення миші при утриманні лівої кнопки. (Швидкий доступ: Shift + Ліва кнопка миші)
	Приблизити\Віддалити	Вікно Екран може бути динамічно збільшена або зменшена, для цього необхідно утримувати ліву кнопку миші і переміщати покажчик вгору або вниз. (Швидкі доступ: Alt + Ліва кнопка миші)
	Збільшити	Частина Екрану може бути збільшена, для це необхідно натиснути і утримуючи ліву кнопку миші розтягнути рамку на всю збільшується область. (Швидкі доступ: Ctrl + Alt + Ліва кнопка миші)
	Обертання	Об'єкти Екрану можуть вільно обертатися за допомогою утримання лівої кнопки миші. (Швидкий доступ: Ctrl + Ліва кнопка миші)
	Обертати навколо осі X	Ця кнопка дозволяє об'єктам обертатися навколо осі X в системі координат Об'єкту або Екрану.
	Обертати навколо осі Y	Ця кнопка дозволяє об'єктам обертатися навколо осі Y в системі координат Об'єкту або Екрану.
	Обертати навколо осі Z	Ця кнопка дозволяє об'єктам обертатися навколо осі Z в системі координат Об'єкту або Екрану.

При обертанні використовується система координат Об'єкту (Рис. 1.7), де обертання навколо осей (, , або ) відбувається щодо ізометричної трійки XYZ в нижньому правому куті вікна Екран. Іноді, однак, буває корисно для обертання об'єктів використовувати систему координат Екрану, де вісь X

спрямована вправо, вісь Y - вгору, а вісь Z від екрану. Для активізації обертання з використанням системи координат екрану, клацніть правою кнопкою миші у вікні Екран і вимкніть опцію **Use object coord for rotation** (Використовувати координати об'єкта для обертання) (Рис. 1.8).

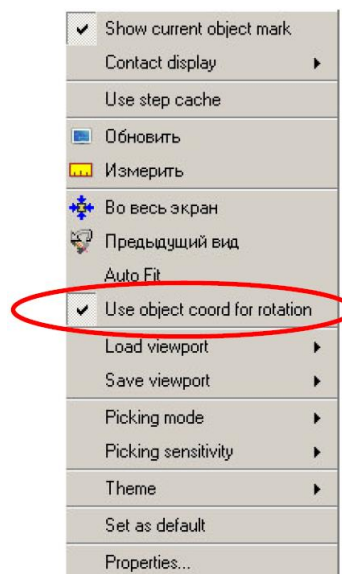
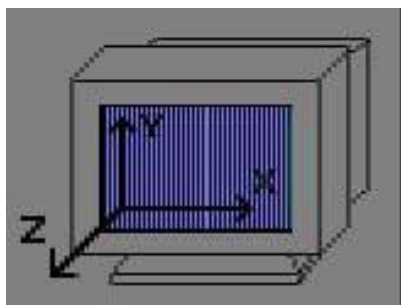


Рисунок 1.7. - Система координат екрану

Рисунок 1.8. - Параметри екрану

Таблица 1.3

Кнопки орієнтації виду




		Ізометрія	Опис
		Вид YZ	Ось X спрямована від Екрану (+) або всередину Екрану (-)
		Вид XZ	Ось Y направлена від Екрану (+) або всередину Екрану (-)
		Вид XY	Вісь Z спрямована від Екрану (+) або всередину Екрану (-)

1.5. Вибір точки

Будь-яка точка об'єкта в **Окне екран** може бути обрана для отримання відповідних даних для цієї точки. Так само може бути виміряна відстань між двома точками належать одному або різних об'єктів (Табл. 1.4).

Таблиця 1.4.

Кнопки вибору точки










Кнопка	Призначення	Опис
	Виміряти	Відстань між двома точками може бути виміряна клацанням по першій точці і клацанням по другій. Лінія вимірювань буде відображатися на екрані поки не буде натиснута кнопка 
	Вибрати	Це основний режим екрану - використовується для отримання інформації про вузли та гранях елементів. Це також і режим використовується при вимірюванні.

1.6. Інші кнопки Вікно екрану


Наступні кнопки також використовуються при перегляді об'єктів у вікні Екрану (Табл. 1.5.):



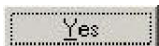
Таблиця 1.5

Параметри інтерфейсу

Кнопка	Призначення	Опис
	Затемнення	Всі об'єкти відображаються зафарбованими без сітки.
	Сітка	Всі об'єкти відображаються не зафарбованими з сіткою.
	Сітка із затемненням	Всі об'єкти відображаються зафарбованими з сіткою.
	Межі поверхонь	Показуються тільки основні лінії об'єкта.
	Перемалювати	Оновлює вікна Екран і очищає екран від всіх попередніх вимірювальних ліній.
	На весь екран	Вписує всі об'єкти в вікно Екран.
	Попередній вигляд	Повертає до попереднього вигляду.
	Зберегти зображення	Захоплення зображення Екрану зі збереженням у файл.
	Друк	Захоплення зображення Екрану з наступним друком

1.7. Збереження задачі

Зараз час для збереження даних. Для збереження даних в ключовому файлі необхідно вибрати **Файл>Сохранить** або натиснути кнопку **Сохранить** . Ці дані будуть збережені у файлі Block.KEY.

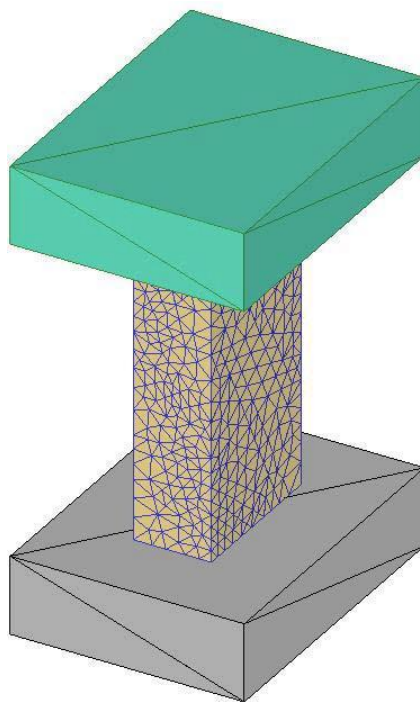
Якщо ви хочете продовжувати виконувати лабораторну роботу 2, то немає необхідності виходити з DEFORM-3D. Якщо ви не хочете продовжувати виконувати роботу 2, натисніть кнопку **Выход** . Після цього Ви опинитеся в головному вікні, Ви можете вийти з DEFORM-3D вибравши в меню **Файл>Выход** або натиснувши . Коли Вас запитують чи хочете Ви вийти, натисніть .

Контрольні запитання

- 1) На якому методі математичного моделювання базується програма DEFORM?
- 2) Які системи вимірювання можна використовувати в програмі?
- 3) Що таке препроцесор та постпроцесор?
- 4) Які задачі можна розраховувати в програмі?
- 5) Які основні команди використовуються для постановки задачі на розрахунок?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ПРЕПРОЦЕСОР ПРОЦЕСУ КУВАННЯ.

Мета роботи: розглянути основні кроки постановки задачі в препроцесорі програми DEFORM.



2.1. Вступ

Мета даної лабораторної роботи в тому, щоб навчити Вас основних налаштувань розрахунку в DEFORM-3D.

2.2. Відкриття раніше збереженого завдання

Відкрийте DEFORM так як ви робили в попередній роботі. Коли відкриється головне вікно, натисніть на паку BLOCK в списку папок з лівого боку екрану і виберіть файл BLOCK.KEY в списку файлів (Рис. 2.1). Ви можете бачити, що закладка перегляд містить картинку завдання, з якою Ви працювали раніше.

Натисніть [DEFORM-3D Препроцесор](#) для входу в препроцесор.

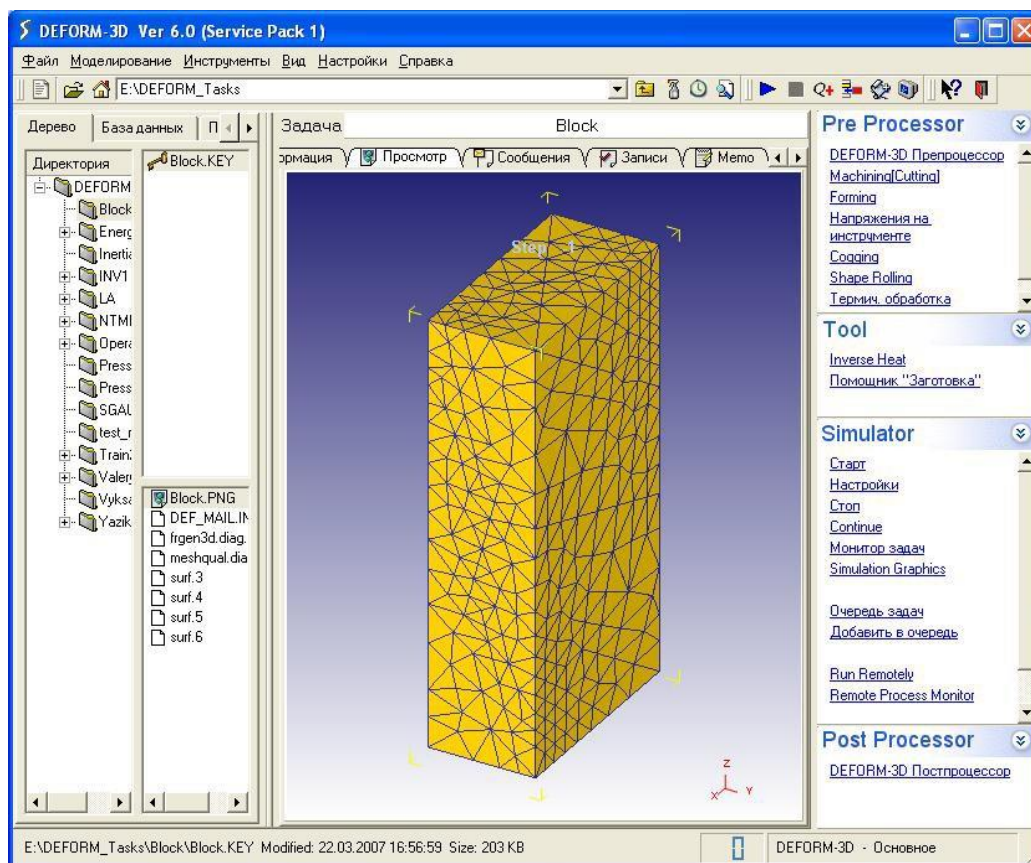



Рисунок 2.1. – Завантаження процесу

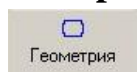
2.3. Імпорт інструментів

У попередній роботі в задачу була імпортована заготовка. Тепер необхідно імпортувати інструменти.

Внизу **Дерева об'єктів**, натисніть двічі кнопку **Добавить объект** . В **Дерево об'єктів** будуть додані об'єкти 2 і 3.

2.3.1. Верхній інструмент

Виберіть **Object 2** в **Дерево об'єктів** і змініть **Наименование объекта** на **Top Die**. Для визначення геометрії верхнього інструменту натисніть кнопку




Геометрия



Импорт геометрии...

, а потім **Импорт геометрии...**. Перейдіть в папку DEFORM3D\V6.01\Labs і відкрийте файл **Block_TopDie.STL**. Геометрія верхнього інструменту повинна з'явитися в **Окне экран**. Є правильним виконувати перевірку геометрії об'єкта після операції імпорту в DEFORM для того, щоб переконатися в тому, що геометрія не містить помилок. Для перевірки

геометрії натисніть кнопку . З'явиться вікно **Проверка Геометрии**, в якому відображається статистика геометрії об'єкта. Для об'єкта, який має закритий об'єм (контур), повинна бути 1 поверхню, 0 вільних граней, і 0 неправильних елементів (як показано нижче).

Імпортований як поверхня об'єкт не містить вільних граней, але має 1 грань (Рис. 2.2).

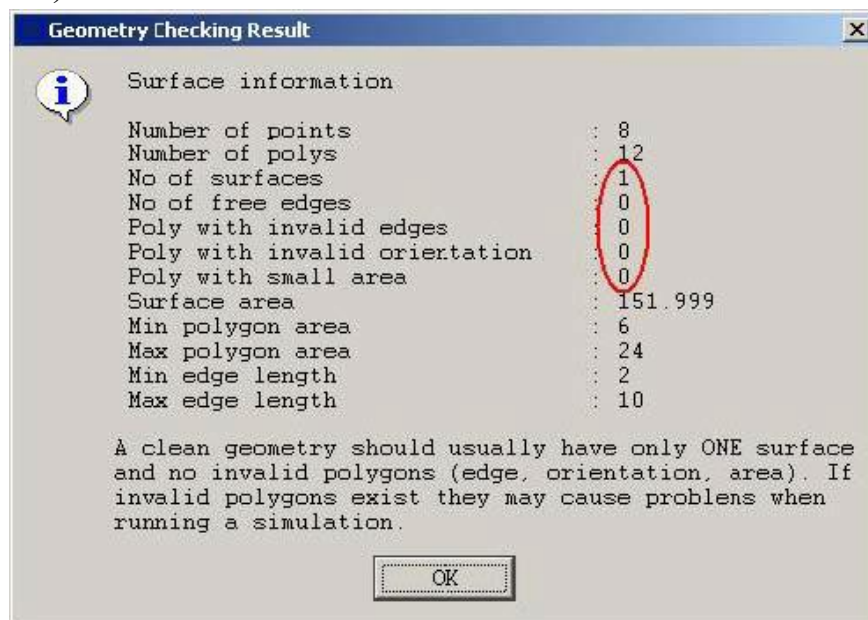
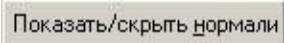
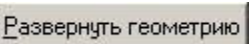



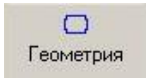
Рисунок 2.2. - Перевірка геометрії деталей


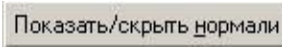
В якості додаткової перевірки чи має імпортована геометрія помилки, також може бути перевірена орієнтація геометрії. Якщо геометрія є закритим об'ємом, коректна орієнтація повинна бути визначена так, щоб нормалі до поверхні були спрямовані від об'єкта. Коли геометрія не закритий об'єм, а просто поверхня, коректна орієнтація повинна бути визначена так щоб нормалі до поверхні були спрямовані назустріч заготівці.

Натисніть кнопку  для перегляду нормалей до поверхонь, і якщо нормалі до поверхні спрямовані не коректно, натисніть кнопку .

2.3.2. Нижній інструмент

Виберіть **Object 3** в Дереве об'єктів. Натисніть кнопку  і змініть Найменування об'єкта на **Bottom Die**. Імпорт геометрію натиснувши кнопку

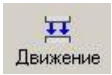
 і потім . Геометрія знаходиться у файлі

Block_BottomDie.STL. Використовуйте кнопки  для перевірки геометрії і  для правильності напрямку нормалей (нормалі повинні бути спрямовані від об'єкта). Тепер всі три об'єкти повинні бути видимими у вікні Екран.

2.4. Установка переміщення інструменту

Якщо який-небудь інструмент рухається, повинні бути визначені переміщення. У цьому розрахунку Верхній інструмент повинен бути переміщений вниз для стиснення блоку.

Натисніть на Top Die в **Дерево объектов**. Так як цей об'єкт переміщається він мав бути призначений як **Главный Инструмент**. Для цього необхідно поставити галочку біля **Главный Инструмент** в розділі **Данные объекта**.

Для визначення переміщення натисніть кнопку . Інструмент буде переміщатися вниз з постійною швидкістю 1 дюйм/с. Тип переміщення повинен мати значення **Скорость**. Встановіть в поле **Скорость** постійне значення 1 in/sec (Рис. 2.3). Для цього розрахунку встановлене за замовчуванням **Направление -Z** є правильним.

Пояснення

Що таке хід?

Дані ходу при русі Об'єкту – це інформація як далеко об'єкт перемістився з початку розрахунків. У більшості випадків (крім використання механічної моделі преса) величину ходу потрібно встановити в нуль на початку розрахунку, вона буде змінюватися автоматично в ході розрахунку. Будь-які функції, які визначені як функція ходу, відносяться до значення ходу Головного інструменту.



Рисунок 2.3. - Параметры перемещения инструментов

2.5. Установка температуры объекта

Влаивности материалов, такі як напруження плинності, визначаються як функція температури, таким чином, хоча в даному розрахунку температура заготовки і не змінюється, вона повинна бути задана коректно. Коли об'єкти в перший раз додаються в **Дерево об'єктів**, їх температура за замовчуванням 68° F або 20° C, це залежить від системи одиниць. Це відповідає штампуванню при кімнатній температурі, це можна перевірити за допомогою поля Температура в Даних об'єкта. Для цього розрахунку, 68° F - коректна температура і не повинна бути змінена.

2.5. Встановлення влаивностей матеріалу

Під час налаштування розрахунку повинні бути визначені влаивності матеріалів об'єктів. Заготівці призначений пластичний тип матеріалу, тому необхідно визначити напруження пластичної течії (**flow stress**). Додатково, якщо розрахунок не ізотермічний (температура змінюється в часі), також потрібні термічні влаивності. Влаивності матеріалів для інструментів не потрібні, так як вони мають тип Жорсткий (не деформуються) (і розрахунок ізотермічний), і тому вони не піддаються ніякому навантаженню.

Натисніть кнопку , з'явиться вікно **Матеріал**. Заготовка в цьому розрахунку повинна бути визначена як сталь AISI-1035. Для імпорту цього матеріалу натисніть кнопку  і виберіть матеріал зі списку. Матеріали розділені на категорії, так категорія Сталь, будучи обрана, покаже всі наявні сталі. Так само, є два різних матеріалу AISI-1035 - перший для холодної штампування, а другий для гарячого кування. Так як цей розрахунок відбувається при кімнатній температурі, виберіть матеріал 'AISI-1035, COLD' (Рис. 2.4.).

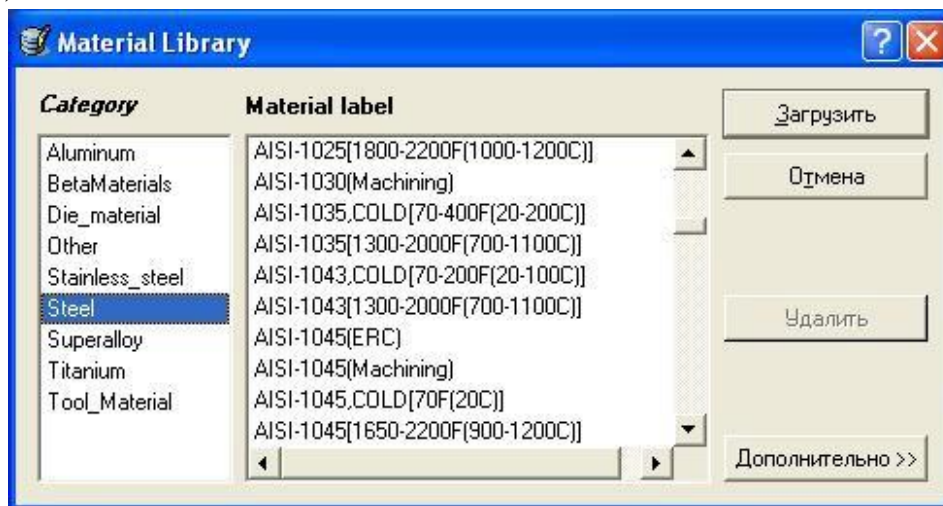
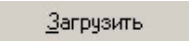

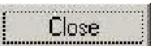




Рисунок 2.4. - Бібліотека матеріалів




Після вибору матеріалу в списку натисніть кнопку  для імпорту матеріалу в задачу. Дані напруження пластичної течії можуть бути переглянуті на графіку, за допомогою кнопки  наступної за списком, що випадає **Flow stress**. Після завершення перегляду даних матеріалу натисніть кнопку .


У Дереві об'єктів, Ви можете побачити що 'AISI-1035, COLD' доданий як матеріал для Блоку.

2.6. Установка параметрів розрахунку

Натисніть кнопку , відкриється вікно **Настройки задачи**. Натисніть  **Шаг** для перегляду налаштувань тимчасових кроків. Переконайтеся, що **Номер начального шага** встановлений як -1. Від'ємний знак показує, що цей крок записаний препроцесором (кроки, які записані в базу даних у процесі розрахунку мають позитивний знак). Встановіть Число кроків розрахунку як

20. Виключаючи передчасну зупинку розрахунку, розрахунок триватиме 20 кроків. Встановіть **Через сколько шагов сохранять** як 2. Кожен другий крок розрахунку буде записаний в базу даних. Зауважте також, що Головний Інструмент також показаний в цьому вікні. Ми спочатку встановили головний інструмент як **Верхний инструмент (Top Die)**, і він буде використовуватися для завдання налаштувань зупинки і кроків.

Тепер має бути визначений відповідний розмір кроку розрахунку. Для більшості розрахунків розмір ходу інструменту повинен бути встановлений приблизно $1/3$ від довжини грані типового елемента. Для визначення цієї величини можна використовувати інструмент **Измерение** . Натисніть кнопку  і виміряйте довжину будь-якої грані елемента заготовки (Ви можете натиснути ). Довжина межі типового елемента приблизно 0.4 ". Одна третина від 0.4" приблизно 0.13 ". У секції **Задание шагов решения** встановіть **С постоянным Перемещением Инструмента** як 0.13 (Рис. 2.5).

Натисніть кнопку  для виходу з вікна **Настройки задачи**.

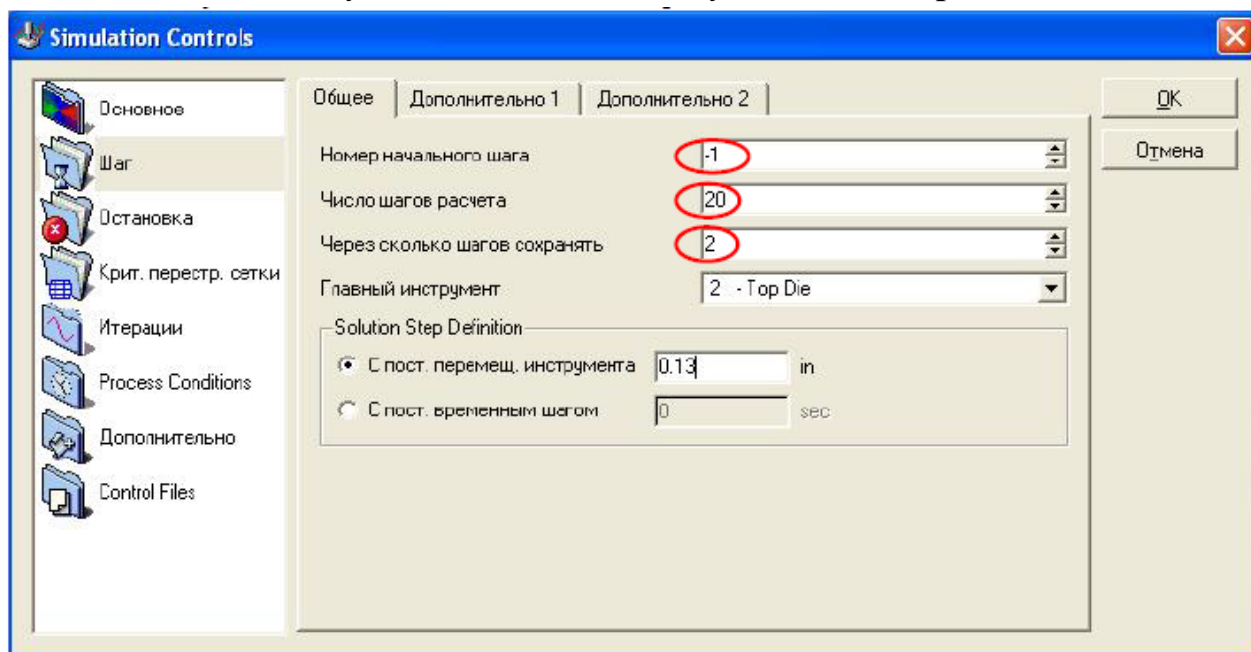


Рисунок 2.5. – Параметры расчета

2.7. Позиционирование объектов



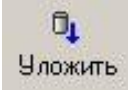
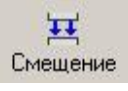
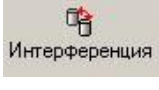


Відкрийте вікно **Позиционирование объектов** натиснувши кнопку . У DEFORM-3D доступні різні методи позиціонування об'єктів (Табл.)

Таблица 2.1.

Параметри позиціювання

Кнопка	Опис
 Drag	Об'єкти можуть бути зпозиційовані за допомогою миші, перетягуванням їх по вікну Екран.
 Уложить	Об'єкти можуть бути опущені в зазначеному напрямку, їм дозволяється переміщатися і обертатися, поки вони не займуть положення рівноваги щодо інших об'єктів. Цей вид позиціонування дуже корисний коли початкове положення об'єкта неточно вказано, наприклад положення заготовки в штампі.
 Смещение	Об'єкти можуть бути переміщені в заданому напрямку на задану відстань. Вектор переміщення задається початковим і кінцевим пунктом.
 Интерференция	При позиціонуванні інтерференцією, об'єкти при позиціонуванні переміщаються так щоб вони незначно перетиналися з іншими об'єктами.
 Вращение	Об'єкти можуть бути повернені на заданий кут навколо будь-якої осі.

2.7.1. Позиціювання за допомогою миші

Натисніть кнопку  і виберіть в якості позиціонується об'єкта Block. У Вікні Екран, натисніть на стрілку + Z і перетягніть Блок вгору, так щоб він не торкався нижнього інструменту. Зірочка, розміщена поруч зі стрілкою + Z показує що вибрано в даний момент. Змініть позиціонується об'єкта Top Die і використовуйте стрілку + Z для переміщення його вгору, так щоб він не контактував з Блоком, і потім за допомогою стрілок -Y для розміщення об'єкта так, як показано нижче (Рис. 2.6. та 2.7).

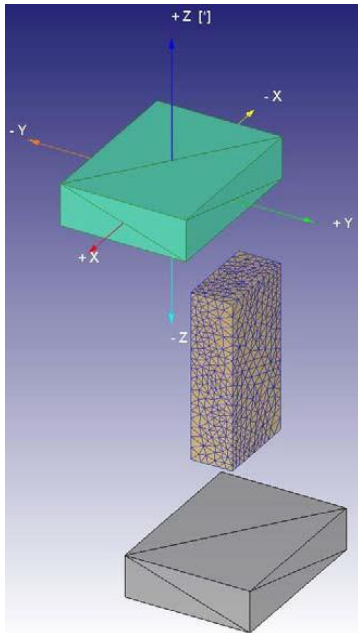


Рисунок 2.6. – Позиціювання об'єктів

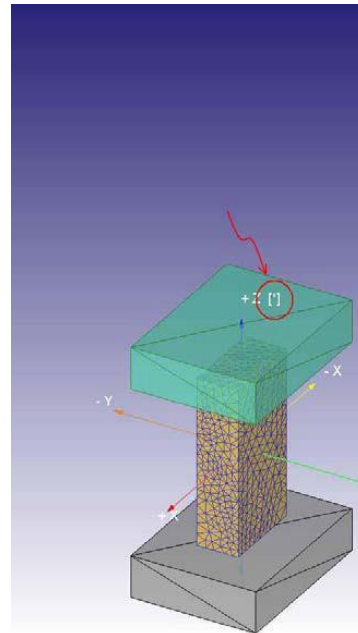
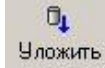
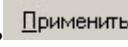


Рисунок 2.7. - Позиціювання об'єктів

2.7.2. Позиціювання опусканням

Для прикладу позиціонування опусканням, давайте опустимо блок на нижній інструмент. Натисніть кнопку  і змініть об'єкт на Block. Змініть напрямок на -Z і натисніть  для виконання операції опускання (Рис. 2.8 та 2.9).

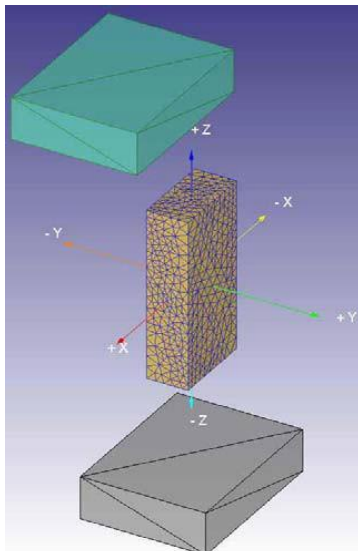


Рисунок 2.8. – Позиціювання об'єктів

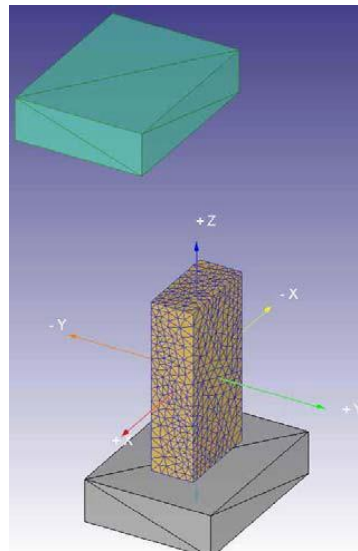
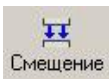


Рисунок 2.9. - Позиціювання об'єктів

2.7.3. Позиціювання зміщенням

Як приклад позиціонування зміщенням, давайте пересунемо Верхній Інструмент, так щоб він потрапив точно на верх Нижнього Інструменту.

Натисніть кнопку  і змініть позиціонується об'єкт на Top Die. Існує два методи позиціонування зміщенням:

- 1) завдання вектора відстані
- 2) завдання початкової і кінцевої точок переміщення.

Обидва ці методи можуть використовувати мишу для вказівки параметрів переміщення.

Найпростіший спосіб позиціонування Верхнього Інструменту вгорі Нижнього Інструменту полягає у використанні опції **Две Точки**. Виберіть цю опцію і вкажіть початкову та кінцеву точки, як показано нижче. Натисніть кнопку для початку переміщення (Рис. 2.10 та 2.11).

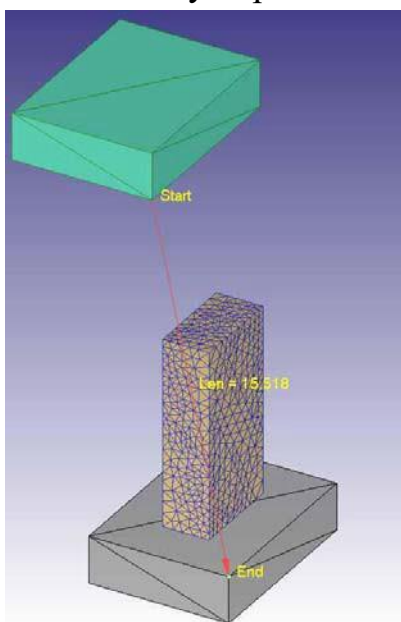


Рисунок 2.10. – Позиціонування об'єктів

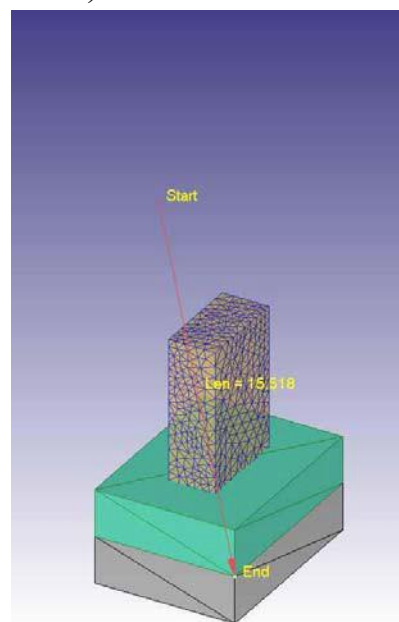

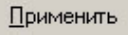


Рисунок 2.11. - Позиціонування об'єктів

2.7.4. Позиціонування інтерференцією

Зараз Верхній Інструмент повинен знаходитись прямо на Верхньому Інструменті. Давайте використаємо позиціонування інтерференцією для переміщення Верхнього Інструменту назад в правильне положення вгорі Блоку.

Натисніть кнопку  (Рис. 2.12). У діалозі позиціонування, об'єкт, що позиціонується, вже повинен бути Top Die. Змініть Призначення на Block якщо це не так. Так як Верхній Інструмент повинен бути переміщений вниз до контакту з верхньою частиною блоку, змініть Напрямок Наближення на - Z. Натисніть кнопку  для позиціонування Верхнього Інструменту (Рис. 2.13 та 2.14).

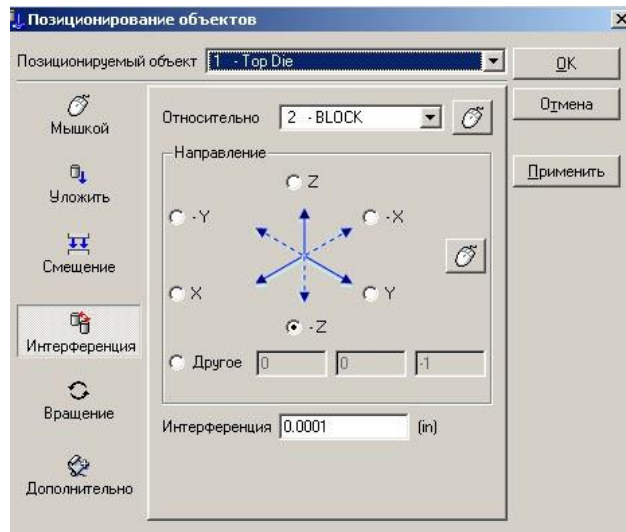


Рисунок 2.12. – Інтерференція об'єктів

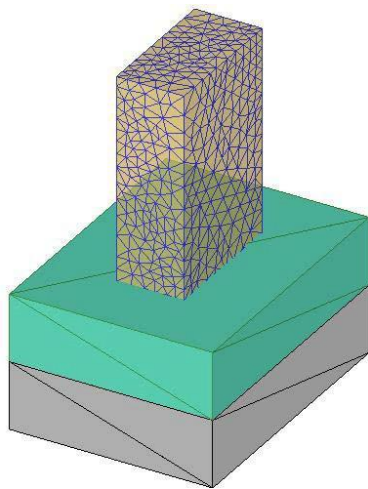


Рисунок 2.13. – Позиціонування об'єктів

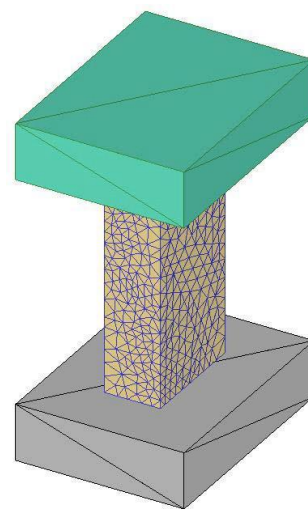
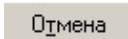
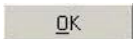



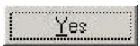
Рисунок 2.14. - Позиціонування об'єктів

Пояснення

При використанні вікна Позиціонування Об'єктів кнопка  може бути використана для повернення об'єктів в їх початкове положення до входу в режим Позиціонування.

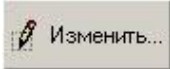
Для завершення позиціонування і виходу з вікна Позиціонування Об'єктів натисніть кнопку .

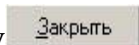
2.8. Контакт між об'єктами

Натисніть кнопку **Взаимодействие Объектов**  для визначення зв'язків між об'єктами (). Так як контакт ще не визначений, з'явиться вікно із запитанням, чи хочете щоб були створені контакт за замовчуванням. натисніть .

З'явиться вікно **Взаимодействие Объектов** з двома певними зв'язками. Зв'язки в DEFORM визначаються щодо Головний - Підлеглий об'єкт. У цьому розрахунку, заготовка розміщена між двома жорсткими інструментами. Жорсткі інструменти визначаються як Головні об'єкти, а заготовка як Підлеглий об'єкт.

Для кожного контакту може бути визначений ряд властивостей (коефіцієнт тертя і коефіцієнт теплопередачі). Так як в цьому розрахунку не враховується передача тепла, потрібно визначити тільки коефіцієнт тертя.

Виділіть перший контакт і натисніть кнопку  для редагування. У розділі **экрана трение** знаходиться список, що містить кілька значень умов тертя, характерних для більшості процесів деформування. Так розрахунок відбувається при кімнатній температурі, і інструменти сталеві, використовуйте список, що випадає для вибору пункту Холодне Деформування (сталеві інструменти) (**Cold forming (steel dies)**).

Він автоматично вибирає значення коефіцієнта тертя, що дорівнюють 0.12. Натисніть кнопку  для повернення в головне вікно **Взаимодействие Объектов** (Рис. 2.15).

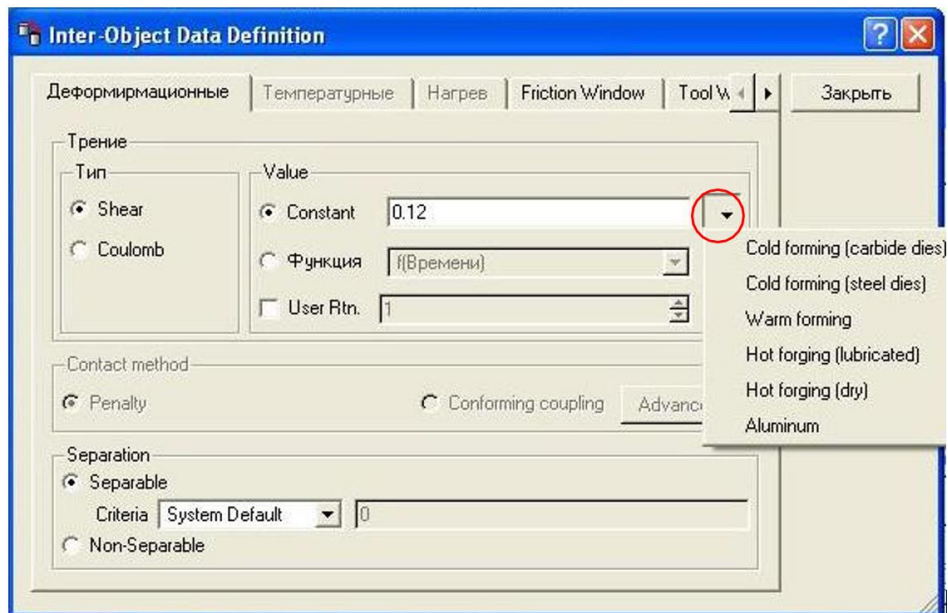


Рисунок 2.15. – Коефіцієнт тертя

Тепер контакт Верхній Інструмент (Top Die) - Блок (Block) визначено, необхідно визначити контакт між Нижнім Інструментом (Bottom Die) і Блоком (Block). Так умови тертя між заготовкою і обома інструментами однакові, кнопка **Apply to other relations** (Рис. 2.16).

Може бути використана для копіювання властивостей першого контакту в усі інші. Після цієї операції, обидва контакти матимуть коефіцієнт тертя рівний 0.12.

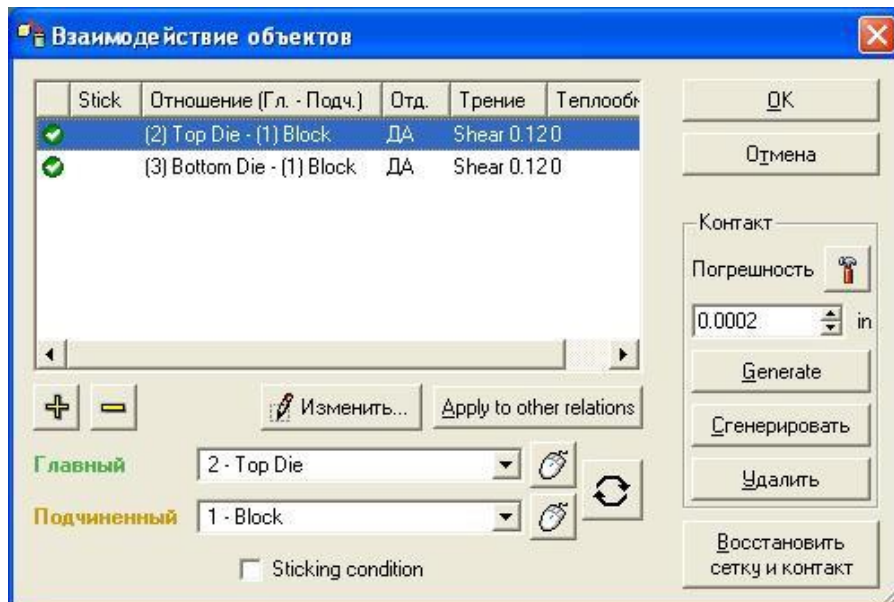

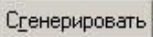


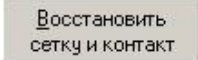
Рисунок. 2.16. – Взаємодія об'єктів

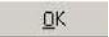
Після визначення контактів необхідно створити контактні поверхні між

об'єктами. Коли створюється контакт, будь-які вузли деформованого (Підлеглого) об'єкта потрапляють на інструмент (Головний об'єкт) з певною похибкою поміщаються на поверхню інструменту. Перед створенням контакту, нам необхідно визначити розумне значення точності. Велике значення точності може привести до того, що занадто багато вузлів потрапить в контакт з поверхнею інструменту, що може зруйнувати сітку заготовки. Маленьке значення точності може привести до того що деякі вузли не потраплять в контакт і контакт не буде створено. При натисненні на кнопку  в розділі **Погрешность**, DEFORM визначить розумне значення точності. Буде обчислено значення точності рівне 0.0112 "і автоматично поміщено в програму.

Після того як значення точності встановлено, натисніть кнопку  для створення контактних поверхонь між об'єктами. Буде створено контакт між Блоком і обома інструментами, і цей контакт буде відображений у вікні **Екран** як кольорові точки на верхній і нижній поверхні Блоку.

Пояснення:

Якщо було використано занадто велике значення точності при створенні контакту і сітка заготовки зруйнована, кнопка  може скасувати створення контакту


Після того, як контакт створений, натисніть кнопку  для закриття вікна **Взаимодействие Объектов**

2.9. Створення бази даних


Після завершення налаштування, останній крок - це створення файлу бази даних. Ядро FEM (частина DEFORM™, що безпосередньо розраховує) використовує файл бази даних для збереження скінчено-елементного рішення задачі. Коли Ви створюєте файл бази даних в препроцесорів DEFORM, все інформація в препроцесорів (така як властивості матеріалів, управління переміщенням, геометрія об'єктів, і т.д.) переноситься в файл бази даних.


Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Генерация базы данных**.


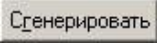
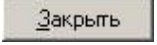
Натисніть кнопку  щоб програма виконала перевірку правильності установок завдання. В ході процесу перевірки:

 вказує на дані які повинні бути встановлені до запуску розрахунку



(наприклад, коли Ви забуваєте вказувати властивості матеріалів).

 вказує на дані, які є незвичайними або неправильними.


База даних може бути створена навіть при наявності декількох полів з , але користувач повинен переконатися в тому, що кожен з них не впливає на розрахунок.

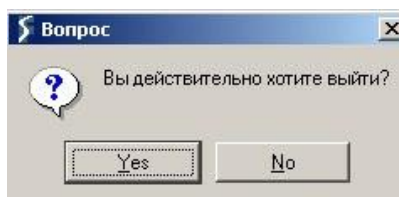
В цьому розрахунку,  з'являється поруч з полем Компенсація Обсягу (Volume Compensation). Цей параметр буде розглянуто в наступних лабораторних роботах, а на хід поточного розрахунку цей параметр не впливає. Натисніть кнопку  для створення бази даних. Коли програма закінчить запис бази даних натисніть кнопку .

2.10. Збереження задачі

База даних завдання (Block.DB) була створена, вона необхідна для запуску розрахунку. Є хорошою практикою також зберігати ключовий файл завдання. Натисніть кнопку **Сохранить** , дані будуть збережені в ключовому файлі Block.KEY. Натисніть кнопку  для повернення в головне вікно DEFORM 3D.

2.11. Вихід із DEFORM-3D

Якщо ви продовжуєте виконувати лабораторну роботу, немає необхідності виходити з DEFORM- 3D. Якщо ви не хочете продовжувати виконувати роботу, ви можете вийти з DEFORM-3D натиснувши кнопку . Коли Вас запитають.



натисніть кнопку .

Контрольні запитання

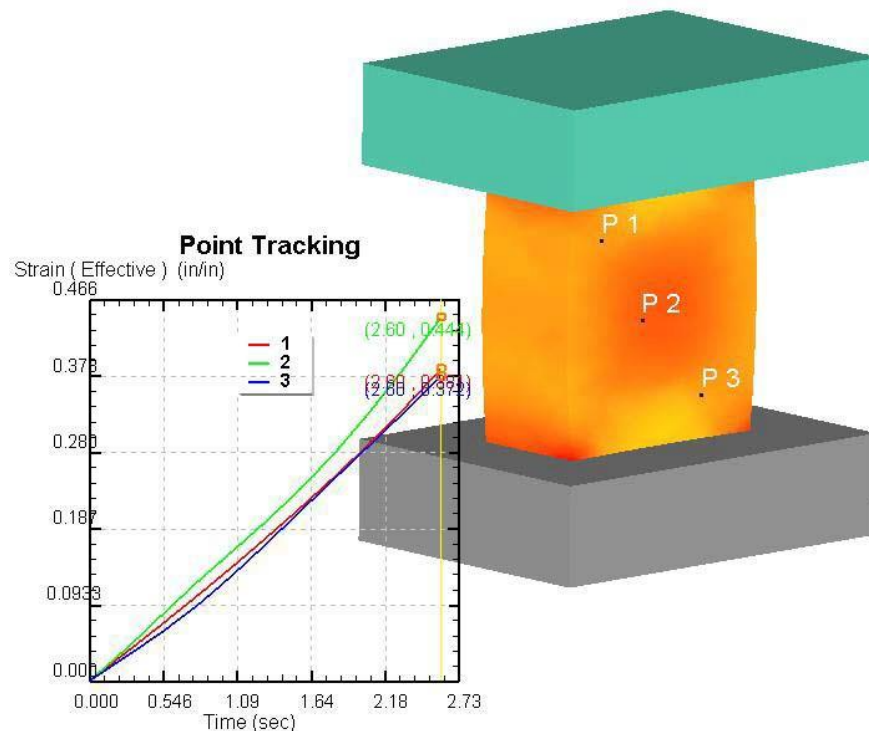
- 1) Якими способами можна задати геометрію заготовки та інструментів?
- 2) Чому потрібно перевіряти геометрію імпортованих моделей

інструментів?

- 3) Яким чином задається температура заготовки та інструментів? Чи потрібно задавати температуру інструментам, якщо операція – гаряче штампування?
- 4) Який тип матеріалу слід задавати інструменту при постановці задачі?
- 5) Яким чином можна розташувати інструмент відносно заготовки згідно креслення або технологічного завдання?
- 6) Яким чином задається контактне взаємодія між інструментом та заготовкою? Чи відноситься теплопередача, конвекція та випромінювання до параметру контактної взаємодії?
- 7) Які є правила при створенні сітки скінченних елементів? При якому типі задачі необхідно створювати сітку скінченних елементів інструменту?
- 8) Для чого потрібно виставляти параметр «Компенсація об'єму» сітки тіла поділеного на сітку скінченних елементів?
- 9) Що може завадити згенерувати базу даних?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 РОЗРАХУНОК КУВАННЯ І ПОСТПРОЦЕСОР

Мета роботи: розглянути етапи постановки задачі на розрахунок та обробки результатів в постпроцесорі



3.1. Вступ

Ця лабораторна робота присвячена запуску розрахунку і обробці результатів в постпроцесорі DEFORM™-3D.

3.2. Відкриття раніше збереженого завдання

Якщо DEFORM ще не відкритий, відкрийте його, як Ви робили в попередніх роботах. Коли буде відкрито головне вікно натисніть на папку BLOCK в списку папок і виберіть файл BLOCK.DB в списку файлів.

3.3. Запуск розрахунку

Тепер Ви можете почати розрахунок натиснувши СТАРТ в списку **Simulator** (Рис. 3.1).



Рисунок 3.1. – Варіанти розрахунку

За ходом розрахунку можна спостерігати за допомогою файлу **Сообщений**. Натисніть на закладку **Сообщения** для перегляду **Файла Сообщений**. Як тільки обрано опцію ☒ Автообновление (Встановлена за замовчуванням). Файл **Сообщений** оновлюється кожні кілька секунд.

Файл **Сообщений** дає інформацію про кожен крок розрахунку, а також про те як йде розрахунок. Як тільки розрахунок закінчиться в кінець Файл **Сообщений** буде додано повідомлення: NORMAL STOP: The assigned steps have been completed. (Рис. 3.2).

Задача

Block

Краткая информация

Просмотр

Сообщения

Записи

Step number is -1

Convergence Criteria for Iterative Solver
V-norm = 5.00E-03 F-norm = 5.00E-02

STEP NUMBER = 1

Eqs. New Profile Ave. Bandwidth
5060 125130 48

DIRECT METHOD

ITERATION NUMBER	VELOCITY NORM	RELATIVE VELOCITY ERROR NORM	RELATIVE FORCE ERROR NORM	SOLVING (SEC)
1	0.1000000000E+01	0.1537476191E+05	0.0000000000E+00	0.375
2	0.1537476194E+05	0.9161444924E+00	0.1667438911E+04	0.188
3	0.1293247403E+04	0.2991155096E-01	0.9632519557E+00	0.188
4	0.1287006653E+04	0.1810076367E-01	0.2353942529E-01	0.188
5	0.1284563730E+04	0.1257369984E-01	0.1304452256E-01	0.187
6	0.1283919230E+04	0.9833347332E-02	0.8389678029E-02	0.203
7	0.1283972389E+04	0.8269641999E-02	0.6138058834E-02	0.172
8	0.1284349916E+04	0.7219035406E-02	0.4943785463E-02	0.172
9	0.1284880255E+04	0.6133893238E-02	0.3995486384E-02	0.188
10	0.1285493065E+04	0.5612988583E-02	0.3451289971E-02	0.171
11	0.1286133095E+04	0.5139039269E-02	0.3056385830E-02	0.171

Рисунок 3.2. – Вікно повідомлень при розрахунку

3.4. Обробка результатів

Після того як розрахунок буде завершено натисніть на [DEFORM-3D Постпроцессор](#) під **Post Processor**. Буде запущено постпроцесор DEFORM-3D (Рис. 3.3).

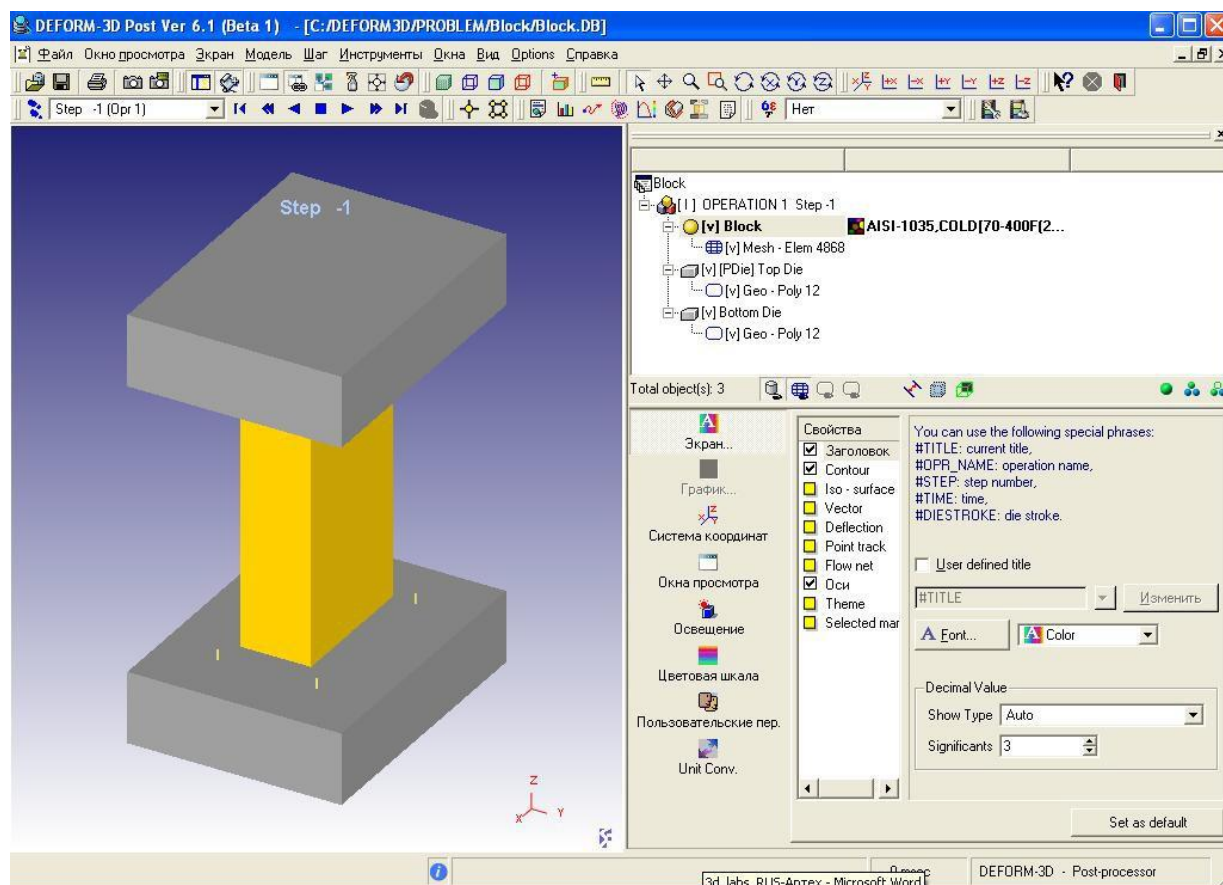


Рисунок 3.3 – Поспроцесор DEFORM-3D

3.4.1. Вибір кроку розрахунку

Для вибору кроку використовуйте наступне меню, що випадає (Рис. 3.4).

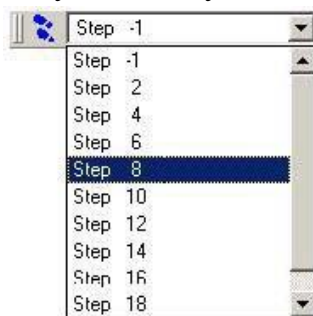










Рисунок 3.4. – Вибір кроку розрахунку

Кнопка  може бути використана для відкриття вікна **Список Шагов (STEP LIST)**, яке дозволяє користувачеві отримати доступ до більш точним установкам управління кроками. Наступні нижче кнопки також дозволяють вибирати кроки розрахунку (Табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Керування кроками розрахунку

	Перший крок
	Один крок назад
	грати назад
	зупинити програвання
	грати вперед
	Один крок вперед
	Останній крок

Пройдіть по кроках для перегляду деформації заготовки.

3.4.2. Варіанти картини розрахунку

Деякі з найбільш часто використовуваних змінних можуть бути переглянуті за використанням меню, що випадає. Параметри зверху вікна (Рис. 3.5).

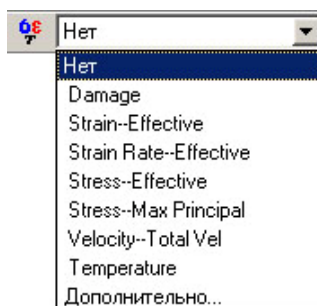




Рисунок 3.5. Варіанти картини розрахунку


Виберіть **Эффективные Деформации (Strain—Effective)** зі списку для перегляду накопичених заготовкою деформацій.

Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Параметры**, і виберіть опцію **Масштабирования (Scaling)**  **Global**. Ця опція використовує мінімальні і максимальні значення ефективних деформацій як екстремуми. Пройдіть по кроках для перегляду накопиченої деформації.



Список, що випадає, Параметри показує тільки деякі змінні з тих, що можуть бути побудовані. Для доступу до всіх змінним використовуйте кнопку



3.4.3. Стеження за Точкою

У DEFORM можливо спостерігати за точкою об'єкта протягом усього розрахунку. Можливо не тільки відслідковувати стан точки, а й спостерігати за змінними стану в цій точці. Для відкриття вікна **Отслеживание точек** натисніть кнопку .

Ми хочемо визначити кілька точок на недеформованій геометрії і подивитися де вони знаходяться в процесі деформації (Рис. 3.6).

Для перегляду недеформованої геометрії натисніть кнопку  для перегляду першого кроку розрахунку. Тепер вкажіть три точки на заготіці (як показано нижче) і натисніть кнопку .

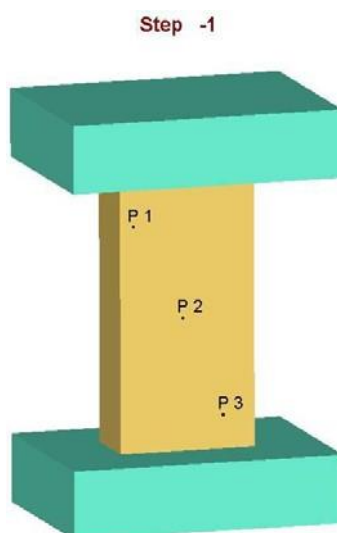




Рисунок 3.6. Точки, які будуть відслідковуватись

Застосуйте налаштування Стеження (**Tracking Option**) за замовченням і натисніть .

Якщо **эффективные деформации** були включені в вікні **Экран**, тоді переміщення точок буде показано на діаграмі **эффективные деформации во времени**, та в дереві **Объектов** буде додано:  [v] PointTracking - Points 3, Steps 11[-1->20]


Якщо під час спостереження за точками не було вибрано відображення змінних стану в Дереві **Объектов** відобразитися наступне:

 [v] PointTracking - No state variable has been assigned.

Коли відбувається вибір зі списку змінних стану, в вікні **Экран** відображається графік стеження для трьох обраних точок.

Натисніть кнопку  для переходу по кроках. Ви можете спостерігати як

змінюється графік захоплення точок зі зміною кроку.

Натисніть кнопку  для зупинки. Тепер клацніть де-небудь на графіку **Слежение За Точкой** – обраний крок буде показаний в вікні **Экран** (Рис. 3.7).

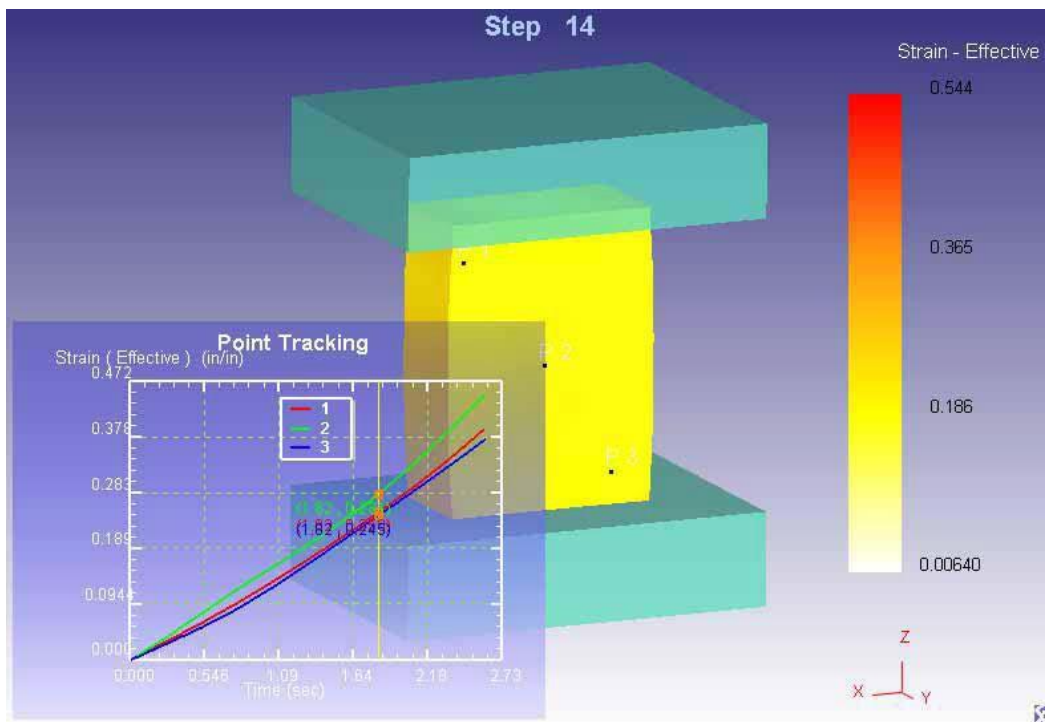


Рисунок 3.7.- Розташування точок після деформування

3.4.2. Перетини об'єктів

У DEFORM-3D можливо розрізати об'єкти і переглядати різні змінні стану для цих об'єктів. Давайте спочатку приховаємо графіки відстеження точок, для цього необхідно натиснути правою кнопкою миші по **Point Tracking** в Дереве Объектов та вибрати опцію **Скрыть слежение за точкой (Hide PointTracking)** (Рис. 3.8).

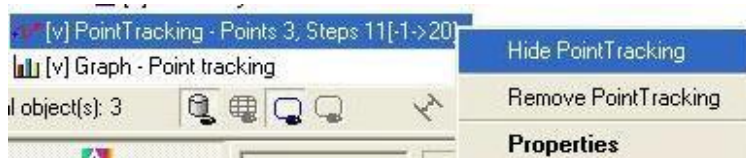



Рисунок 3.8 – Параметри відслідковування точки

Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Разрез**. Об'єкти можуть бути розрізані декількома різними способами. Об'єкти у вікні **Экран** має жовтий

прямокутник навколо себе. Клацанням по вертикальному ребру коробки може бути створена горизонтальна площина розрізу. Клацанням по горизонтальному ребру коробки може бути створена вертикальна січна площина. Клацніть жовту коробку в довільному місці для експериментування з налаштуваннями площини перетину.

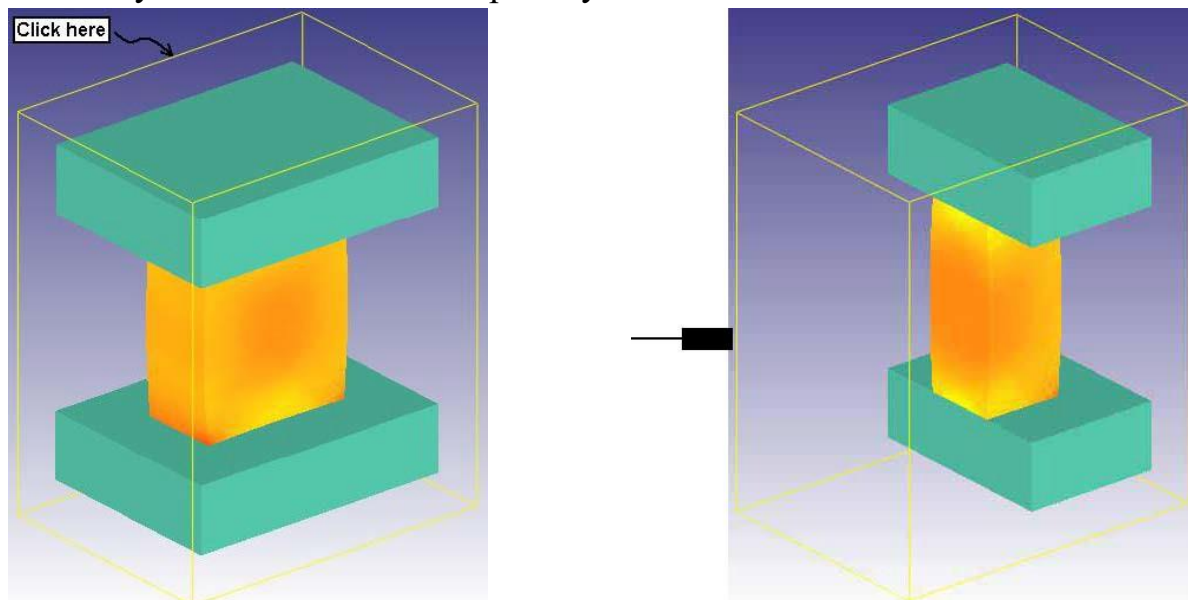


Рисунок 3.9 – Перетин деталей

Площині розрізу визначаються точкою на площині і нормаллю до цієї площини. Вони визначаються у вікні **Разрез (SLICING)** як P (Point) - Точка та N (Normal) - Нормаль.

Об'єкти також можуть бути розрізані вибором X, Y, або Z координати точки і пересуванням повзунка для збільшення або зменшення координати. Як тільки координата змінюється розріз так само динамічно змінюється. Клацніть X координату Точки, як показано нижче, і потім наведіть повзунок отримання розрізу об'єктів (Рис. 3.10).

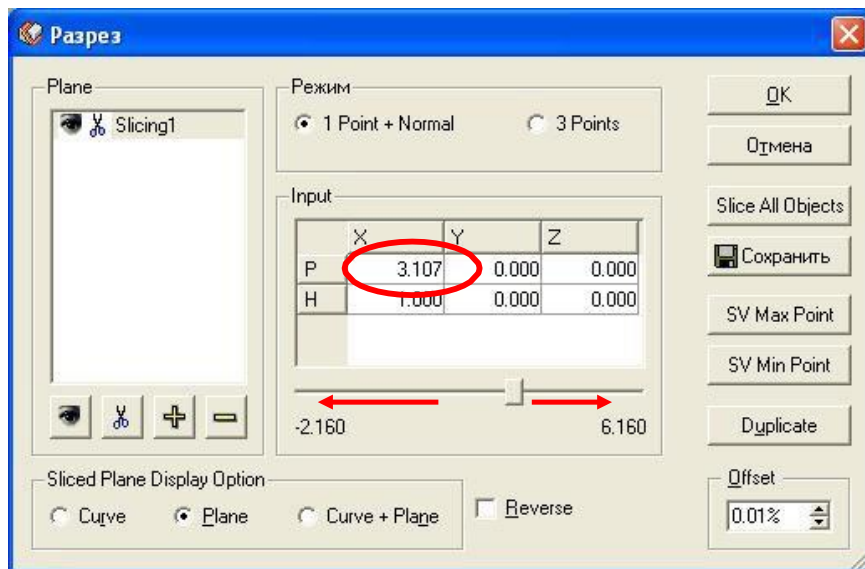


Рисунок 3.10 – Параметри перетину

Для визначення виду розрізаних поверхонь доступні кілька варіантів (Рис. 3.11).

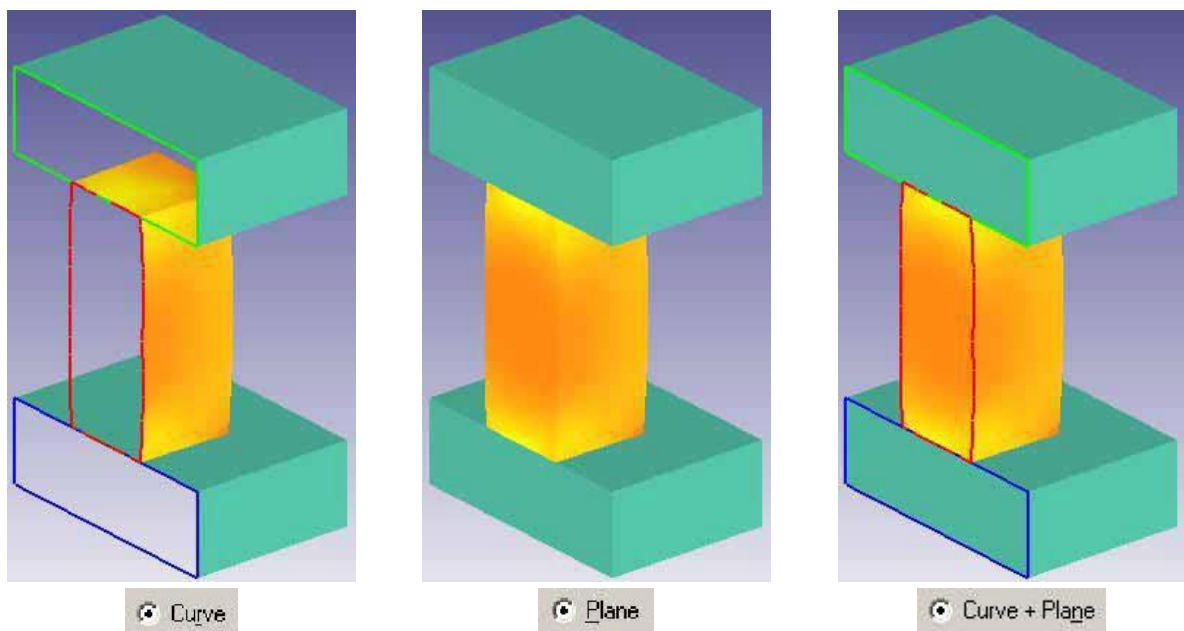



Рисунок 3.11 – Варіанти перетину деталей

3.5. Вихід із DEFORM-3D

Коли закінчите, вийдіть з постпроцесора, натиснувши кнопку. Після повернення в головне вікно, для виходу з DEFORM-3D натисніть .

Контрольні запитання

- 1) Чи можна при розрахунку процесором задачі переглянути результати поточні результати розрахунку?
- 2) Яким чином можна вивести на екран ізолінії пластичної деформації поковки?
- 3) Яким чином можна побудувати графік зусилля на головному інструменті?
- 4) Чи можна побудувати графік розподілу температури/напружень/деформацій на поверхні інструменту?
- 5) Як можна показати на розрізі контури поковки та інструменту?
- 6) Для чого потрібно відслідковувати точку заготовки при деформуванні?

Індивідуальне завдання

За схемою та даними поставити на розрахунок вісесиметричну задачу. Розрахувати об'єм заготовки. Контури заготовки та інструментів можна будувати в будь-якій CAD програмі (розширення файлів для імпортування в DEFOEM .iges). Час розрахунку задати таким чином, щоб інструмента пройшов не менше половини висоти заготовки. Потрібно сформувати звіт в якому буде відображено: схема процесу, основні етапи постановки задачі, зусилля на основному інструменті, розподіл питомих зусиль на контактних поверхнях інструментів, вивести результати НДС заготовки.

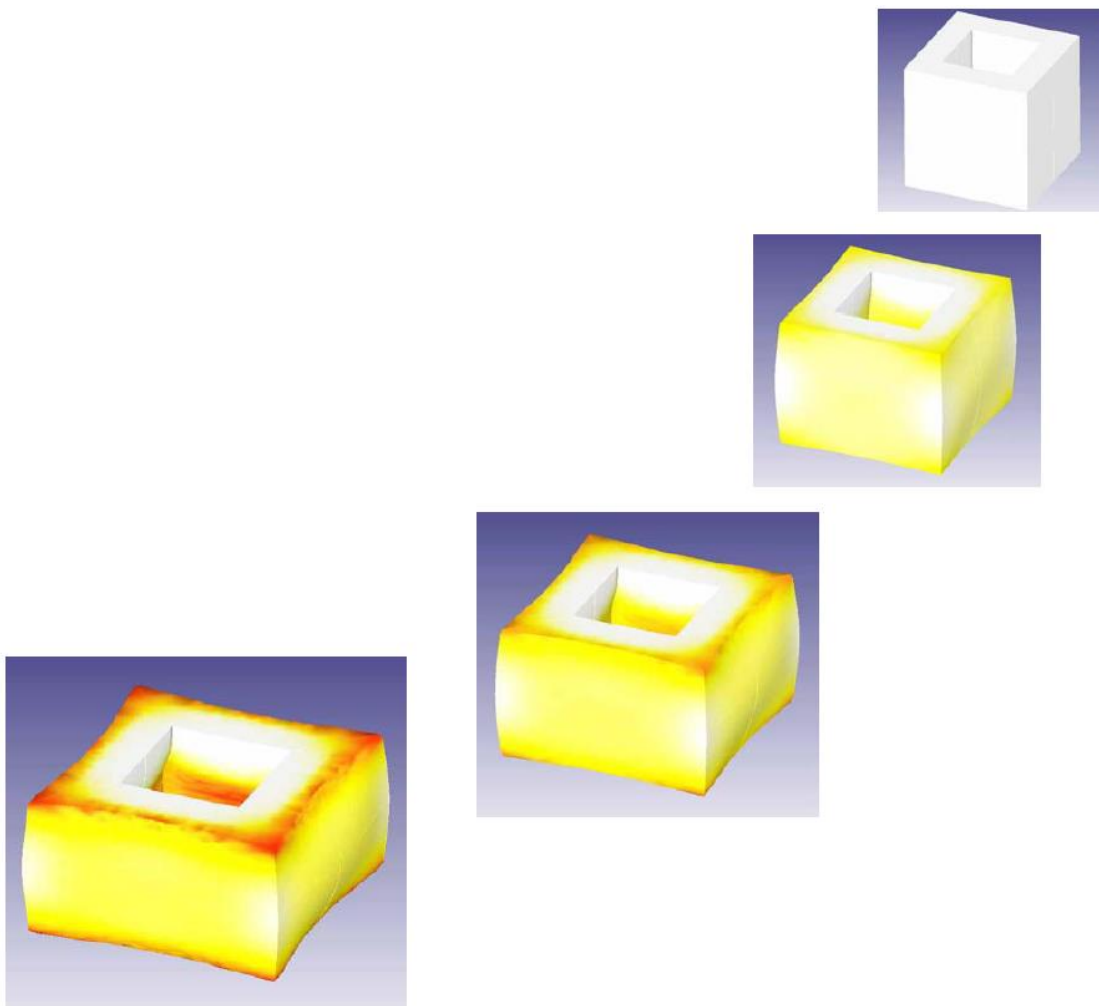
Див додаток/завдання №1 – «Вісесиметрична задача»

Студент за списком	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

КВАДРАТНЕ КІЛЬЦЕ

Мета роботи: навчитись використовувати площини симетрії заготовки при постановці тривимірної задачі.



4.1. Вступ

Коли це можливо в розрахунках повинна бути використана симетрія. Це економить час розрахунку і може збільшити точність рішення. Крім того, повинна бути змодельована найменша секція, що адекватно описує проблему.

У цій лабораторній роботі ми буде моделювати осадження квадратного кільця. Квадратне кільце має невелику симетричну частину, скористаємося цим. У цій роботі буде продемонстровано, що деформація повного кільця може бути змодельована деформацією тільки 1/16 частиною повної геометрії (Рис. 4.1).

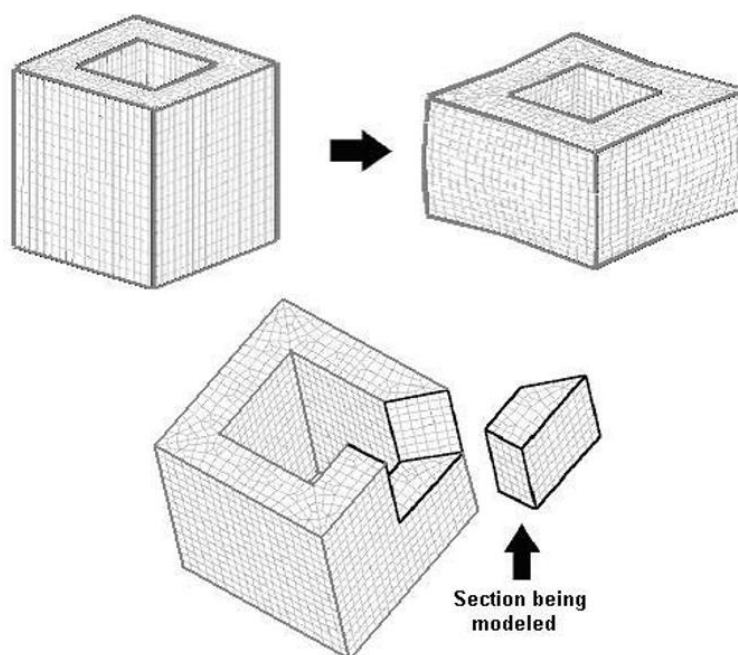

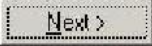




Рисунок 4.1 – Моделювання частини заготовки

4.2. Створення нової задачі


На unix-машині введіть DEFORM3 для запуску DEFORM™ -3D. На Windows машині, натисніть кнопку  и виберіть DEFORM-3D з меню. Буде Відкрито головне вікно DEFORM-3D


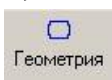

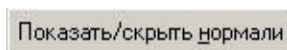
Створіть нове завдання натиснувши кнопку **Новая Задача** . Застосуйте установки за замовчуванням, що використовуються препроцесором DEFORM-3D, натисніть . Натисніть  для визначення розташування завдання в директорії завдань DEFORM ('В домашней директории').


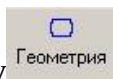
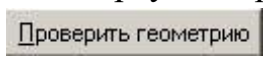
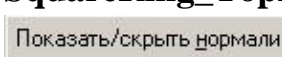

В полі **Название Задачи** введіть **SquareRing** та натисніть . Буде запущено препроцессор DEFORM-3D.

4.3. Створення нових об'єктів

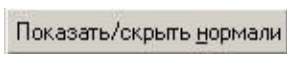

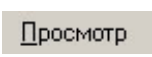
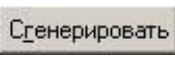
Для моделювання кування квадратного кільця необхідні тільки заготовка і верхній штамп.

Нижній штамп не потрібний, так як симетричний. Натисніть кнопку  двічі для додавання Об'єктів 1 і 2.

Виберіть **Object 1** в Дереве Объектов. Натисніть кнопку  і змініть **название объекта** на **Billet**, а **тип объекта** на **пластичный**. Визначте геометрію заготовки натиснувши , а потім . Геометрія знаходиться в файлі **SquareRing_Billet.STL**. Використовуючи кнопки  та  для перевірки геометрії.

Виберіть **Object 2** в Дереве Объектов. Натисніть кнопку  і змініть ім'я об'єкта на **Top Die**. Натисніть кнопку  та імпортуйте файл **SquareRing_TopDie.STL**. Використовуйте кнопки  і  для перевірки геометрії. Кнопка  може бути використана для відображення обох об'єктів у вікні Екран.

4.4. Розбивка заготовки на сітку скінчених елементів

Оберіть **Billet** в , та натиснувши кнопку  для побудови сітки. натисніть  для перегляду того, як виглядає сітка поверхні, при використанні установок за замовчуванням. Так як сітка поверхні виглядає добре, натисніть кнопку  для завершення побудови сітки. Коли побудова буде завершено, об'єкт повинен мати приблизно 5000 елементів.

4.5. Задання граничних умов

У цьому розрахунку використовується симетрія і моделюється тільки 1/16 квадратного кільця (Рис. 4.2). Граничні умови повинні використовуватися на всіх площинах симетрії, щоб описати правильну деформацію.

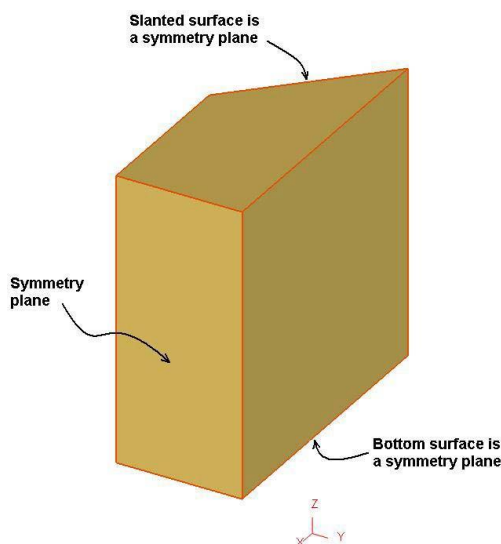



Рисунок 4.2 – 1/16 квадратного кільця

Натисніть кнопку  для перегляду налаштувань **Граничных Условий**. Виберіть опцію **Плоскость Симметрии (Symmetry plane)** і потім поверхню перпендикулярну осі X (як показано нижче). Вузли на цій поверхні стануть виділеними, і інформація о плоскости (Plane Information) відобразиться в розділі **Граничные Условия** (Рис. 4.3).

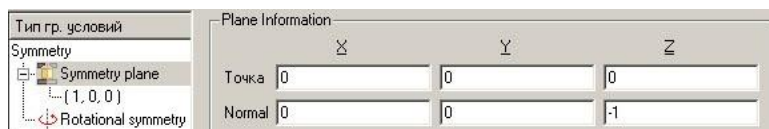
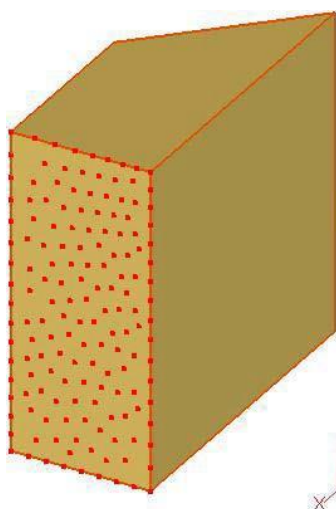




Рисунок 4.3. – Площина симетрії та параметри симетрії

Натисніть кнопку  для додавання цієї граничної умови. Ця площина симетрії відобразиться в списку як (1,0,0) - нормаль до площини.

Додайте граничні умови для інших двох площин симетрії тим же способом. Спочатку вибирайте площині, вузли яких видно, потім використовуйте кнопку  для додавання її. Коли всі три площини симетрії додані, розділ **Граничные Условия** повинен виглядати так

(Рис. 4.4):

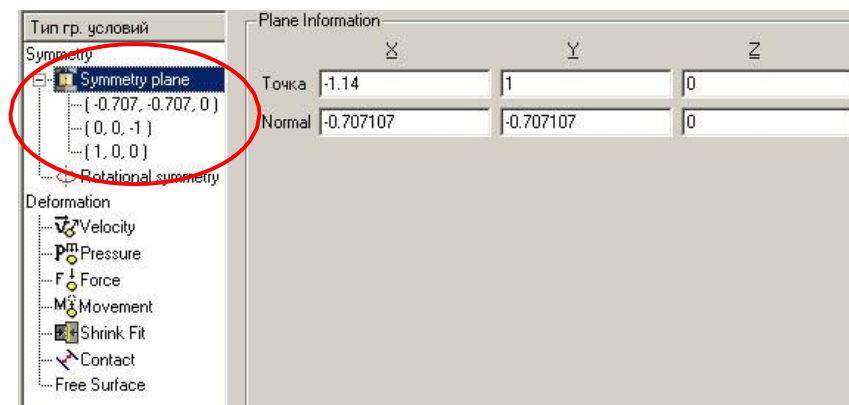


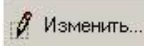


Рисунок 4.4. Розділ граничні умови

4.6. Контакт між об'єктами

Необхідно визначити контакти між **Заготовкой** і **Верхним Штампом**. Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Взаимодействие Объектов**. Коли Вас запитують, чи хочете Ви щоб були створені відносини за замовчуванням, натисніть .

Визначте тертя для контакту натиснувши кнопку . Використовуйте меню і виберіть **Холодное Деформирование (Стальные инструменты)** (**Cold forming (steeldies)**) (Рис. 4.5).

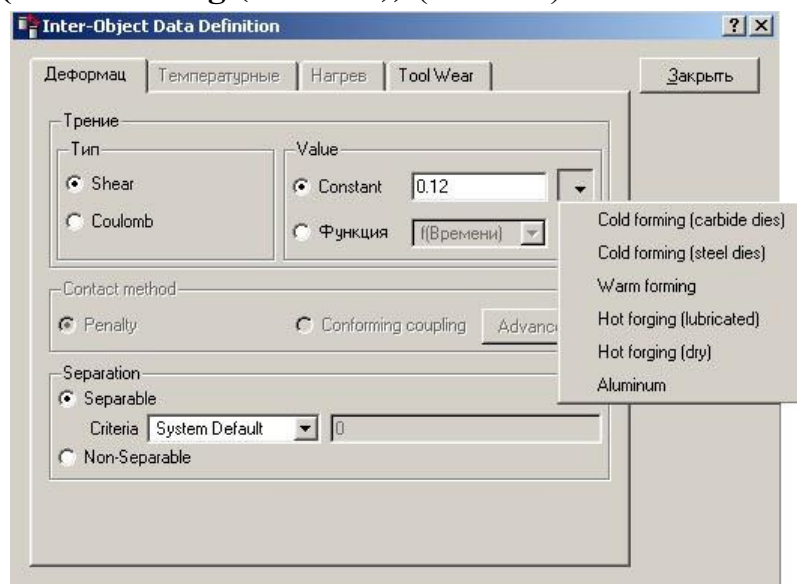

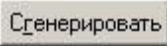
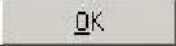


Рисунок 4.5. – Параметри взаємодії між об'єктами


Поверніться у вікно **Взаимодействие объектов**, використовуйте кнопку  для визначення похибки створення контакту (буде розраховано значення

0.002 "), потім натисніть кнопку  для створення контакту.

Якщо Ви повернете об'єкти навколо, Ви побачите створений контакт між двома об'єктами. Натисніть кнопку  для виходу із вікна **Взаимодействие объектов**.



4.7. Завершення налаштувань і запуск розрахунку

Для завершення налаштувань завдання необхідно зробити наступне:

1) Оберіть **Top Die** в **Дереве Объектов** та натиснув кнопку . Визначте швидкість як 1 дюйм/с в напрямку - **Z**.

2) Натисніть кнопку  для визначення матеріалу заготовки. натисніть  та виберіть матеріал **AISI-1045, COLD'** із категорії сталі.

3) Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Настройки задачи**. Змініть **Название операции** на **Square Ring**. Натисніть кнопку  та встановіть **Число шагов расчета** в **30** та **Через сколько шагов сохранять** в **2**. Встановіть **Главный Инструмент** як **Top Die**.

Для визначення відповідного розміру кроку, натисніть кнопку  і виміряйте довжину кількох найменших елементів **Заготовки**. Середня довжина короткої межі елемента дорівнює приблизно 0.06 ". використовуйте **С постоянным перемещением инструмента** і встановіть розмір кроку 0.02 дюйм/крок, тобто приблизно 1/3 від величини найменшої межі елемента. Натисніть кнопку  для закриття вікна **Настройки задачи**.

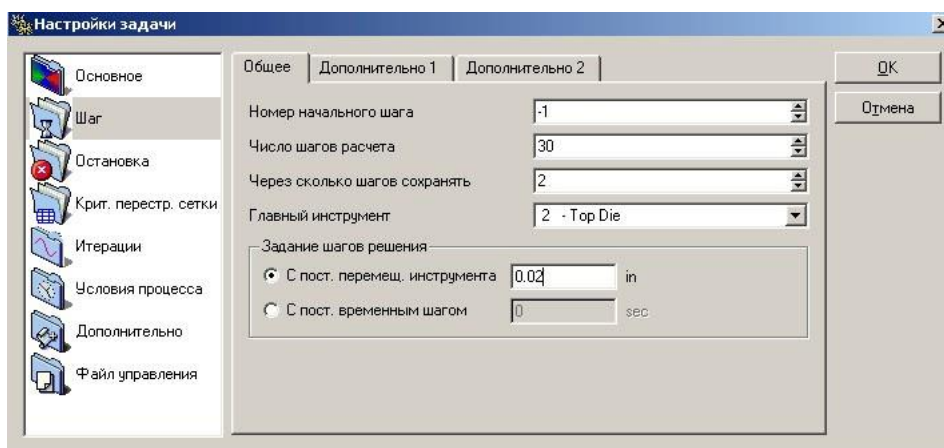



Рисунок 4.6. - Параметри розрахунку

Збережіть ключовий файл завдання, натиснувши кнопку . Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Генерация Базы Данных**. Натисніть

Проверить для перевірки завдання. Попередження  буде тільки для **Компенсации Объема (Volume Compensation)** – ігноруйте його. Створіть базу даних, натиснувши **Сгенерировать**.


Після створення Баз Даних натисніть **Закреть**, щоб закрити вікно **Генерация Базы Данных**, потім використовуйте  для повернення в головне вікно. Запустіть розрахунок, натиснувши **СТАРТ** в списку **Simulator** (Рис. 4.7).




Рисунок 4.7. – Налаштування розрахунку

Хід процесу розрахунку спостерігайте в **Файле Сообщений**, переконайтеся, що опція ☒ **Автообновление** вибрана.

4.8. Постпроцесор

Після завершення розрахунку для перегляду результатів натисніть **DEFORM-3D Постпроцессор**. Насправді ця частина - повне кільце, так що було б корисно мати можливість подивитися його повністю в постпроцесорі. Для створення об'єкта 1/16 частина повинна бути відображена по площинах симетрії.

Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Определение Симметрии (SYMMETRY DEFINITION)**. Використовуючи миша, клацайте по площинах симетрії заготовки. Кожен раз буде відображатися відображена частина заготовки. Повторюйте цей процес поки не буде видно всю заготовку. Цей процес показаний нижче (Рис. 4.8).

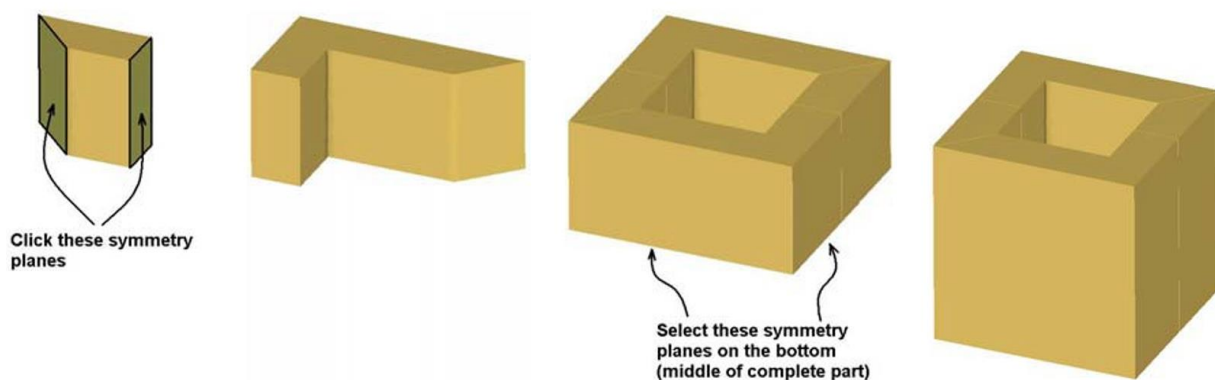


Рисунок 4.8 – Схема моделювання 1/16 частини заготовки

Як тільки буде показана повна заготовка в **окне Экран**, закрийте **Определение Симметрии (SYMMETRY DEFINITION)**. Переходьте по кроках, щоб спостерігати як деформується заготовка.

Експериментуйте з переглядом різних змінних стану, наприклад ефективних деформацій (Рис. 4.9).

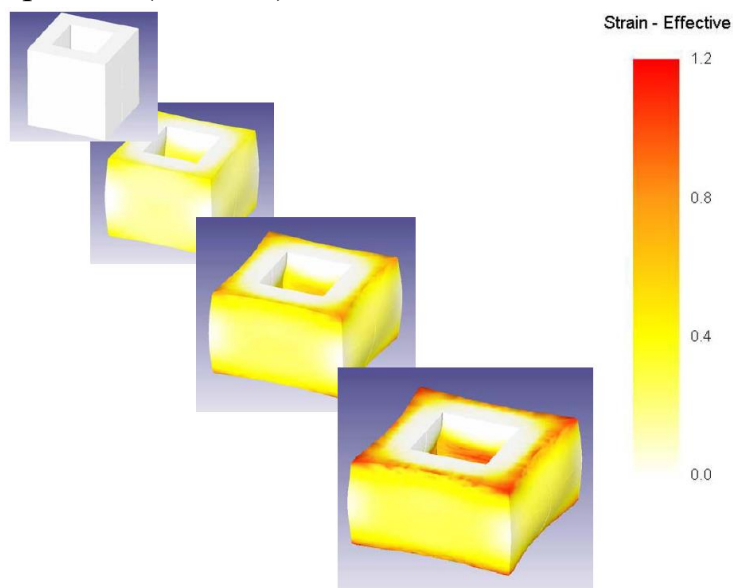




Рисунок 4.9. – Розподіл ефективних деформацій

Після завершення перегляду результатів моделювання, використовуйте кнопку  для повернення в головне вікно. Після повернення в головне вікно натисніть кнопку  для виходу із DEFORM-3D.

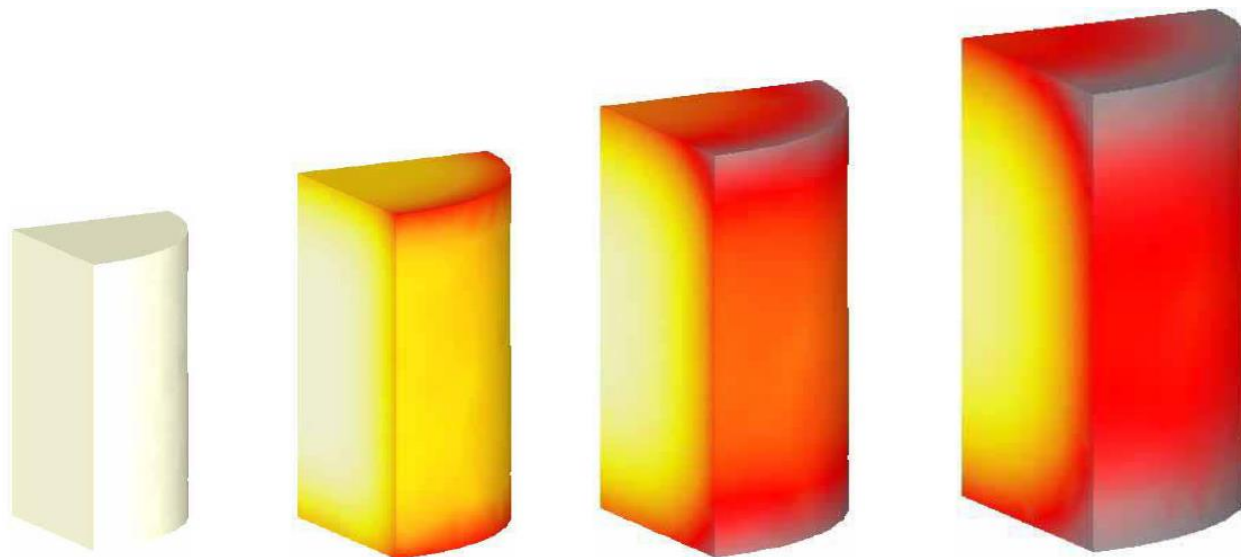
Контрольні запитання

- 1) Для чого використовуються площини симетрії при постановці тривимірної задачі?
- 2) З яким розширенням створюються файли геометрії для імпортування в DEFORM?
- 3) В чому буде різниця між постановкою задачі холодного і гарячого деформування?
- 4) Як правильно визначати величину кроку розрахунку. У відповідність до чого визначається величина кроку розрахунку?
- 5) Як призначити площину симетрії на заготовці?
- 6) Яким чином впливає матеріал інструменту на параметри тертя та контакту (наприклад: інструмента зроблений із інструментальної сталі та твердосплаву)?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

КОВКА - ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗАГОТОВКИ ВІД ПЕЧІ ДО ІНСТРУМЕНТУ

Мета роботи: ознайомитись із налаштуваннями теплопередачі, конвекції та випромінюванням заготовки та інструменту в препроцесорі програми



5.1. Вступ


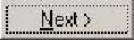


У цій та наступних трьох лабораторних роботах, буде моделюватися гаряче кування. Так як процес гарячий, розрахунок повинен враховувати не тільки дію кувальної операції, але і передачу тепла, яке відбувається. Весь процес буде розділений таким чином:

- У цій роботі моделюється 10 секундний перенесення заготовки від печі до штампу. Це тільки розрахунок теплообміну.
- У роботі моделюється 2 секундний період знаходження заготовки на нижньому штампі перед операцією кування. Це також задача тільки теплообміну.
- У роботі моделюється перший удар і два кувальних удару.
- У робот буде змінено інструмент і змодельований секундний кувальний удар.


Так як заготівка і штамп вісесиметричні процес може бути змодельований в 2D. Однак, щоб далі досліджувати симетрію і інші важливі поняття 3D, процес буде змодельовано в 3D з використанням симетрії 1/4 частини

заготовки і інструмента.



5.2. Створення нової задачі

Відкрийте головне вікно DEFORM-3D як і в попередніх роботах. Натисніть кнопку . Для створення нового завдання, застосуєте установки за замовчуванням натиснувши  і потім знову . В полі Назва Завдання, введіть Spike і натисніть кнопку . Буде запущено препроцесор DEFORM-3D.


5.3. Встановлення параметрів розрахунку

Натисніть кнопку  для відкриття вікна **Настройки задачи**. Змініть **Заголовок задачи** на **Spike Forging** та **Название операции** на **Transfer from Furnace (перенос від печі)**. Переконайтеся, що **Единицы** встановлені як **English** і активована опція **Теплопередача**.


Загальний час перенесення до штампа 10 секунд. Так як аналізується передача тепла, кроки необхідно визначати як функцію від часу, а не ходу штампа. Розділимо цю операцію на 50 кроків, таким чином кожен крок буде тривати 0.2 сек.

Натисніть  **Шаг** для перегляду **Управления Шагами**. Встановіть **Число шагов расчета** в **50**, **Через сколько шагов сохранять** в **10**. Змініть **Задание шагов решения** на **С постоянным временным шагом** в **0.2 сек**. Коли закінчите, натисніть кнопку .

5.4. Додавання нових об'єктів



Для моделювання процесу кування необхідно визначити заготовку, верхній і нижній штамп. Для цього розрахунку ми імпортуємо всі три об'єкти, незважаючи на те, що для перенесення від печі технічно потрібно тільки заготовка (це зроблено для того, щоб заощадити час в наступних роботах). Натисніть  для додавання трьох об'єктів в **Дерево Объектов**.

5.4.2. Заготовка

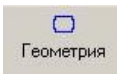
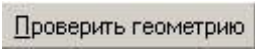
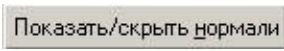
Виберіть **Object 1** в Дереві Об'єктів, натисніть кнопку  і змініть **Название объекта** на **Billet**, **Тип Объекта** на **Пластичный**. Так як на початку

розрахунку заготовки дістається з печі, визначимо температуру як 2000 ° F.

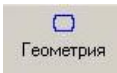

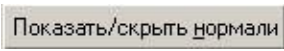
Визначте геометрію заготовки натиснувши  і потім . Геометрія знаходиться в файлі Spike_Billet.STL.

Використовуйте кнопки  і  для перевірки геометрії.

5.4.3. Верхній штамп

Виберіть **Object 2** в Дереве объектов, змініть **Название Объекта** на **Top Die**. Натисніть  та імпортуйте файл **Spike_TopDie1.STL**. Використовуйте кнопки  та  для перевірки геометрії.

5.4.4. Нижній штамп

Виберіть **Object 3** в Дереве объектов, змініть **Название Объекта** на **Bottom Die**. Натисніть  та імпортуйте файл **Spike_BottomDie.STL**. Використовуйте кнопки  та  для перевірки геометрії.

5.5. Розбивка заготовки на сітку скінчених елементів

У цьому розрахунку заготовка переноситься від печі до штампу. Так як заготовка єдиний об'єкт який отримує або втрачає тепло, тільки він потребує сітку скінчених елементів. Пізніше, в процесі знаходження гарячої заготовки на нижньому штампі і проведення кувальних операцій, інструмент також потребуватиме сітку, так як він також буде брати участь в теплообміні. Штамп ми розіб'ємо в наступній лабораторній роботі.

У DEFORM існує два способи визначення сітки - Відносна Сітка (Relativemesh) і Абсолютна Сітка (Absolute mesh).

Relative Mesh - Використовуючи відносні налаштування сітки, користувач визначає кількість створюваних твердотільних елементів. Незалежно від того які зміни відбуваються з деталлю, число елементів залишиться постійним.

Absolute Mesh - Використовуючи абсолютні налаштування сітки, користувач визначає розмір елемента і система визначає необхідну кількість елементів. Зі збільшенням складності деталі, число елементів може так само збільшитися.

Відносна і абсолютна сітки використовують Вагові Фактори (Weighting Factors) які розподіляють великі і маленькі елементи в об'єкті. Значення за замовчуванням для Вагових Факторів (Рис. 5.1) показані нижче і добре працюють в більшості розрахунків.

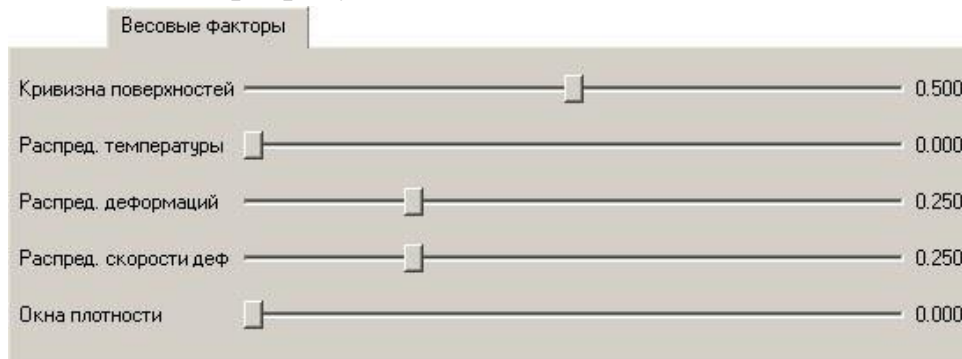



Рисунок 5.1. Вагові фактори сітки скінчених елементів

Відносна сітка - установка за замовчуванням - використовувалося при розбивці в попередніх лабораторних роботах. Використання абсолютної сітки має тенденцію збільшувати точність моделювання, так як заданий допуск сітки постійний в ході розрахунку. Зі збільшенням складності деталі, збільшується кількість елементів для кращого опису поверхні деталі. Абсолютна сітка використовується для розбиття заготовки для лабораторних робіт. Щоб визначати сітку, використовуючи абсолютні параметри, користувач повинен визначити мінімальний розмір елемента сітки. Цей найменший елемент зазвичай визначається виміром найменшої контактуючої частини інструменту. Коли процес має кілька операцій, як розглянутий, для визначення сітки повинен використовуватися найменший розмір інструменту в будь-якій операції, а не тільки в першій.

У цьому розрахунку, при формуванні, найскладніша частина - радіус в підставі Верхнього Інструменту, який використовується в Ударі 2 (Spike_TopDie2. STL). Ви можете імпортувати цю геометрію як новий об'єкт і потім використовувати інструмент  для вимірювання радіуса в основі штампа. Це значення приблизно 0.08 ". Течія навколо цього радіусу буде мати гарне рішення, якщо елементи заготовки були приблизно половиною цього розміру, або 0.04". Це повинно використовуватися як значення для

найменшого елемента в заготівлі. Видаліть об'єкт Top Die 2 коли Ви закінчите вимірювання (Рис. 5.2).

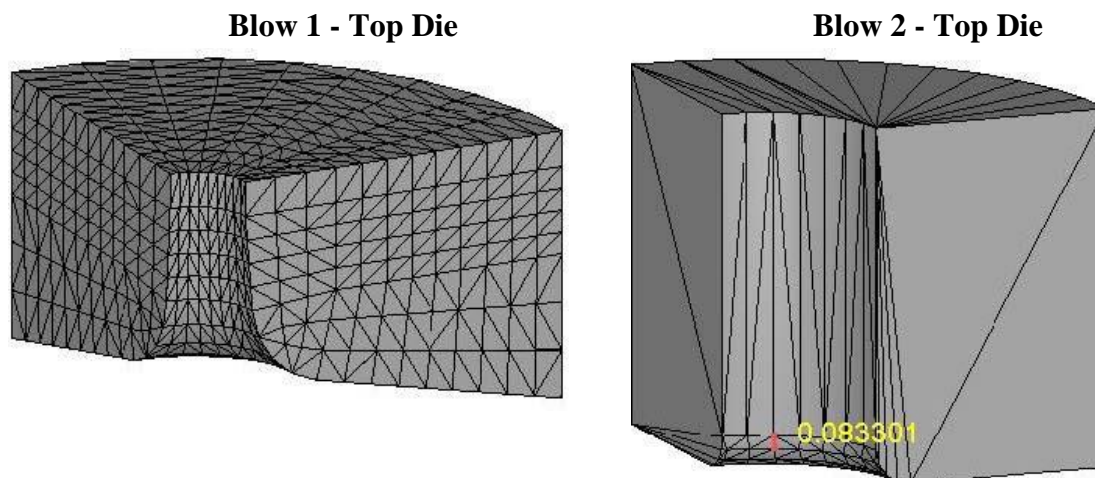
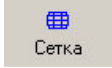


Рисунок 5.2. - Сітка скінчених елементів інструментів

Оберіть **Billet** в **Дереве Объектов** і натисніть кнопку  **Сетка**. Натисніть вкладку **Настройки**. Змініть **Тип** на **Абсолютный** та встановіть **Минимальный размер элемента** в **0.04**. Також встановіть **Коэффициент отношения** в **3** (Рис. 5.3).

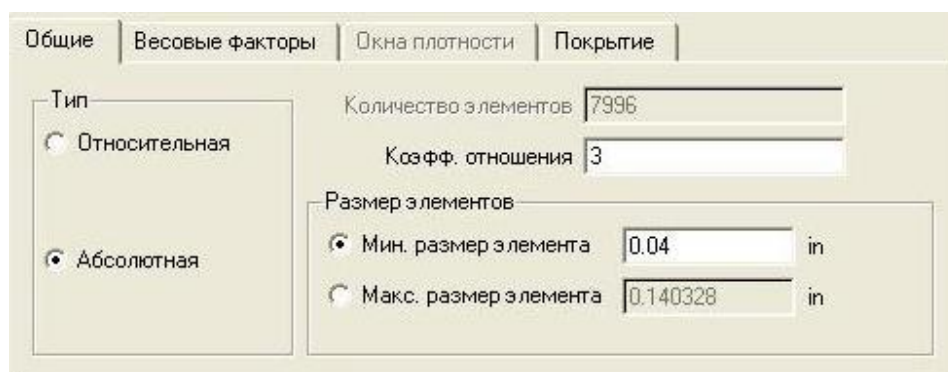
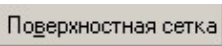
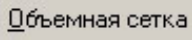



Рисунок 5.3. – Параметры сетки скінчених елементів

Після зміни цих налаштувань, натисніть кнопку  **Поверхностная сетка**. Створена тільки поверхнева сітка. Натисніть кнопку.  **Объемная сетка**.

5.6. Визначення граничних умов теплопередачі

Для початкової передачі від печі до штампу, для заготовки необхідні тільки теплові граничні умови. Теплові граничні умови для штампа, і всі умови для деформації будуть додаватися в більш пізніх лабораторних роботах, коли вони будуть потрібні.

Натисніть кнопку  і виберіть граничну умову **Heat Exchange with Environment (Теплообмін із Середовищем)**. У вікні Екран заготовка буде показана виділеними на границі лініями. Температурна гранична умова має бути визначено для всіх поверхонь, які знаходяться в контакті з навколишнім середовищем. Заготовка моделюється $\frac{1}{4}$ частиною, і дві площини симетрії не перебувають в контакті з навколишнім середовищем.

При визначенні граничної умови **Heat Exchange with Environment (Теплообмін із середовищем)**, Кнопка **Задать...** може бути використана для визначення **Температуры Окружающей Среды** (Рис. 5.4), яка використовується в цьому розрахунку. Таким чином ми моделюємо перенесення гарячої заготовки від печі до штампу в навколишньому середовищі, що має кімнатну температуру - 68 ° F, це налаштування за замовчуванням.

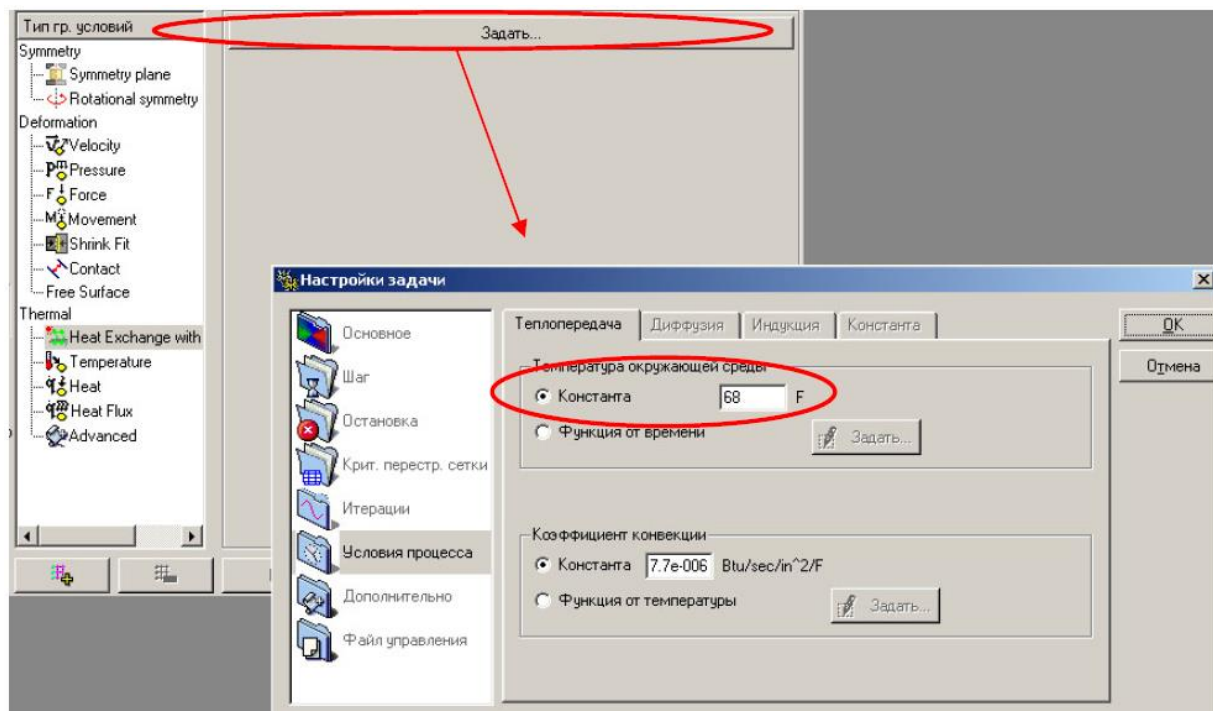



Рисунок 5.4. – Налаштування параметрів задачі

Кладніть по криволінійній, верхній і нижній поверхнях заготовки. Вибрані поверхні приймуть зелений колір. Використовуйте кнопку  для призначення граничної умови для обраних поверхонь. У списку **Граничних умовий**, **Задано** добавиться під **Heat Exchange with Environment**, і коли **Задано** вибрано, тільки що створене гранична умова буде відображатися у **окне Екран** (Рис. 5.5).

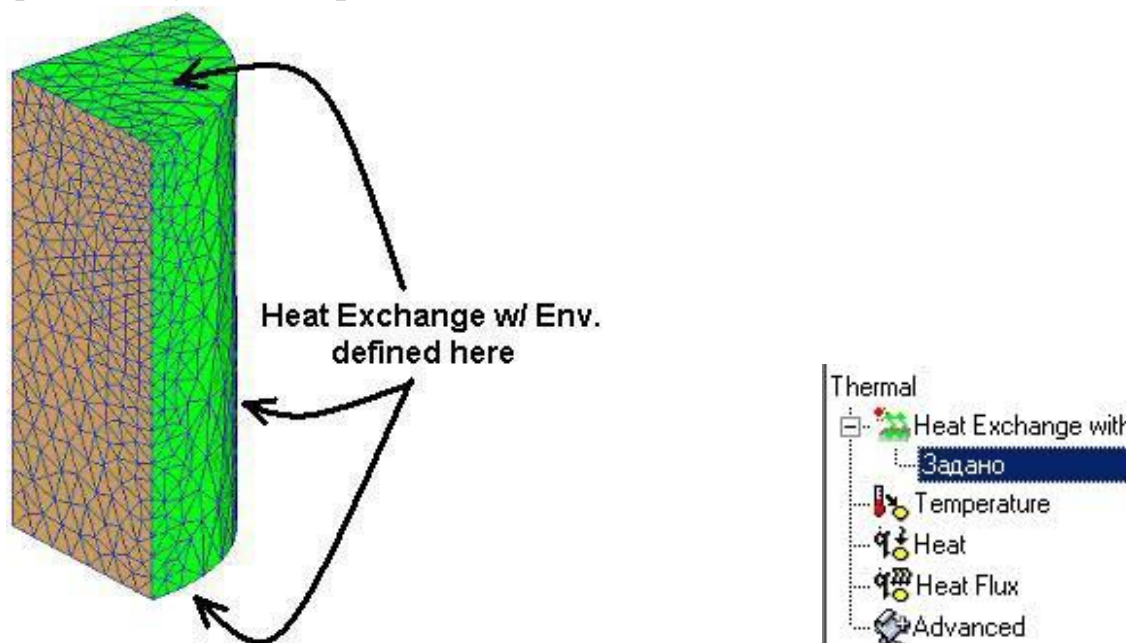




Рисунок 5.5. – Визначення поверхонь теплопередачі з оточуючим середовищем

5.7. Імпортування матеріалу заготовки

Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Матеріал**. Використовуйте кнопку  для завантаження AISI-1025 (1800-2200F) в задачу (Рис. 5.6). Це матеріал для заготовки. Матеріал для штампа не потрібний і буде завантажений в наступній роботі.

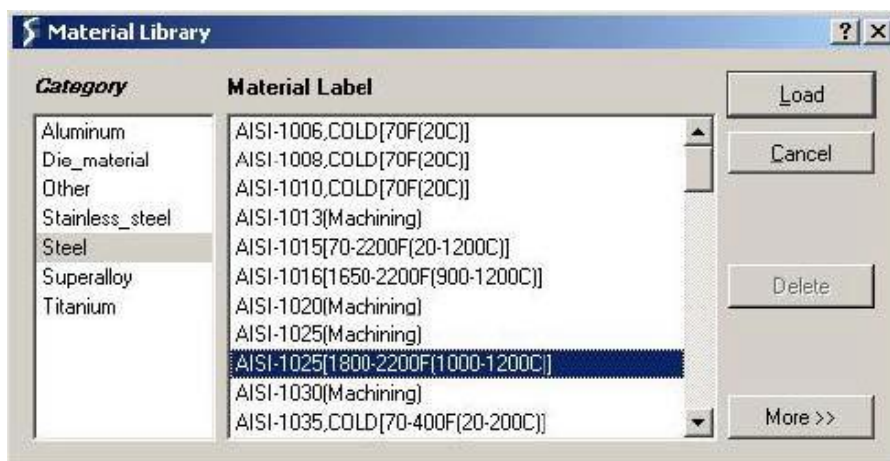





Рисунок 5.6. Вибір матеріалу заготовки



5.8. Збереження задачі та запуск розрахунку

Тепер, коли налаштування завдання завершене, виберіть **Файл>Сохранить как...** і збережіть дані в файл **Spike_FurnaceTransfer.KEY**. Далі, натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Генерация базы данных**. Натисніть **Проверить** для того, щоб переконатися в тому, що під час налаштування завдання не було помилки.

Так як в цьому розрахунку не потрібні контакти між об'єктами, з'явитися,  **No inter-object relations defined**, ігноруйте його. Ми створимо ці контакти в наступній роботі, коли заготовка буде між інструментами. Натисніть кнопку **Сгенерировать** для створення бази даних цього завдання. Після створення, використовуйте  для повернення в головне вікно.

Запустіть розрахунок, натиснувши **СТАРТ** в списку **Simulator**. Спостерігайте за перебігом розрахунку переглядаючи Файл **Сообщений**.

5.9. Постпроцесор

Коли розрахунок закінчиться, натисніть **DEFORM-3D Постпроцессор**. Буде запущено постпроцесор DEFORM- 3D. Натисніть кнопку  і виберіть **Температура (Temperature)** як змінну, і  як **Опцию масштабирования**. Так само правою кнопкою на **Цветовой Полосе (Color Bar)** в окне **Экран** і виберіть **Temperature (Температура)** як тип **Цветовой полосы** (Рис. 5.7). Це дасть більш зрозумілу кольорову схему розподілу температури.

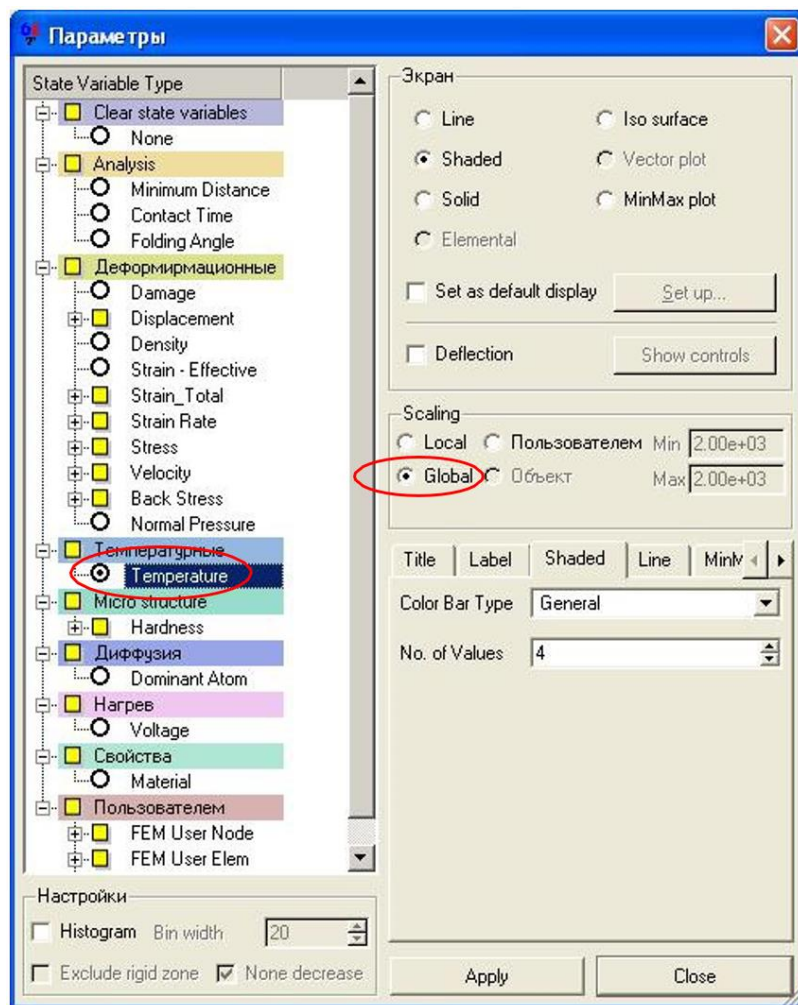


Рисунок 5.7. – Параметри відображення результатів розрахунку

Переходьте по кроках розрахунку і спостерігайте як змінюється колір **Заготовки**, коли вона охолоджується при перенесенні від печі до штампу.

Коли закінчите, натисніть  для повернення в головне вікно.

Контрольні запитання

- 1) Яким чином можливо виставити межі НДС або температури поковки в певних межах?
- 2) Як можна зрозуміти, що матеріал який обирається для процесу гарячого або холодного деформування підходить саме для цього процесу?
- 3) Яким чином можна задавати механічні властивості матеріалу заготовки або інструменту в DEFORM?
- 4) В чому буде різниця в матеріалі та процесі при розрахунку пластичної та пружно-пластичної задачі?
- 5) Для чого потрібно задавати поверхні теплопередачі заготовки. Як будуть

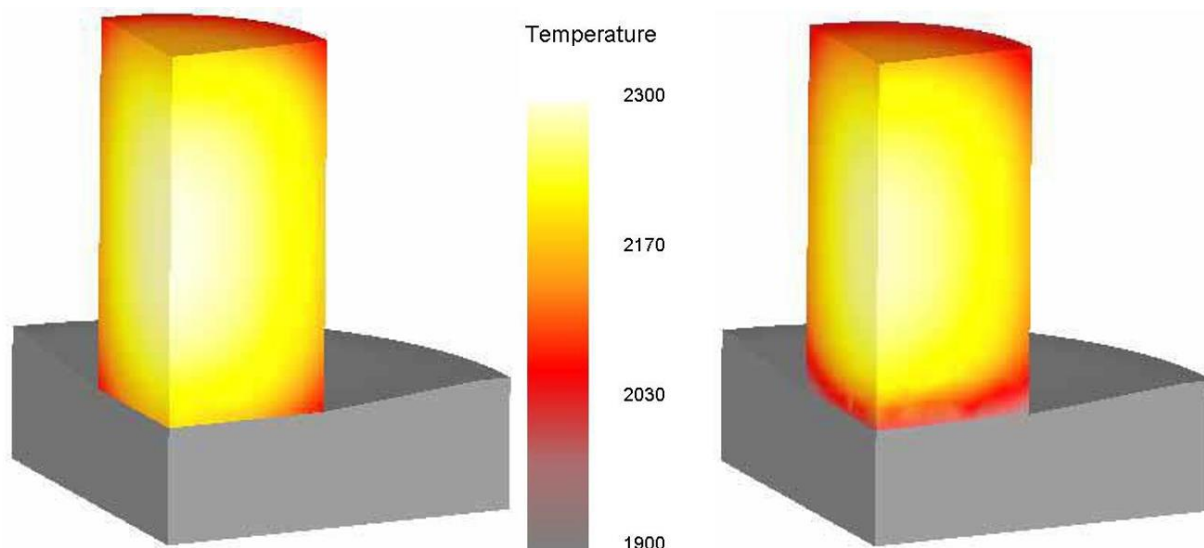
відрізнятися результати розрахунку якщо вказати/не вказати поверхні теплопередачі?

- б) Які алгоритми побудови сітки скінченних елементів заготовки представлені в DEFORM?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

КУВАННЯ – ЗАТРИМКА НА НИЖНЬОМУ ШТАМПІ

Мета роботи: навчитись моделювати процес теплопередачі, конвекції та випромінювання при знаходженні заготовки в інструменті



6.1. Вступ

В роботі 5 заготовка була перенесена від печі до штампу. Коли заготовка поміщається в штамп вона знаходиться на нижньому штампі 2 секунди перед куванням. Ця затримка буде змодельована в цій роботі. Останній крок попереднього розрахунку (крок який відповідає кінцю перенесення від печі) буде завантажений в препроцесор і буде налаштована операція затримки.

6.1. Відкриття попереднього розрахунку

Головне вікно DEFORM-3D вже має бути відкрито. Виберіть файл Spike.DB в списку файлів і натисніть [DEFORM-3D Препроцессор](#) для запуску препроцесора.

Програма запитає - який крок бази даних ви хочете завантажити, виберіть крок 50 і натисніть (Рис. 6.1).

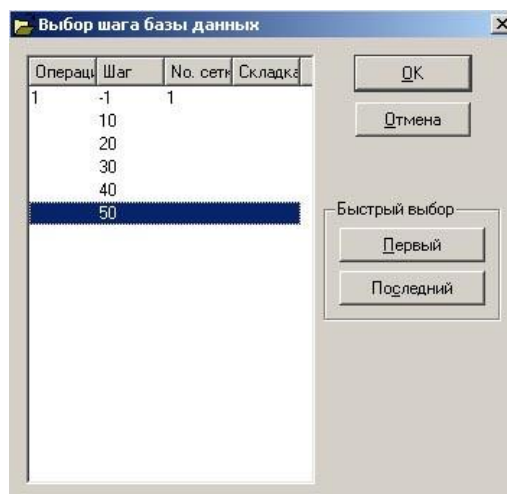






Рисунок 6.1. - Вибір кроку розрахунку

Крок 50 буде завантажений в препроцесор.

Користувач може переконатися, що Заготівка має температурний градієнт попереднього розрахунку за допомогою перегляду з розділі  **Общее** поля Температура, яке має значення не 68 ° F, а приблизно 1833 ~ 1989 ° F (Рис. 6.2.). Також температурний градієнт може бути переглянутий в препроцесорів, натисканням на кнопку  **Дополнительно**, а потім на кнопку  **Данные узлов**.

На вкладці Температура, кнопка Plot Variable (**Отобразить Переменную**) , наступна при **Температура Узла** (NodeTemperature) використовується для перегляду розподілу температури в заготівці.

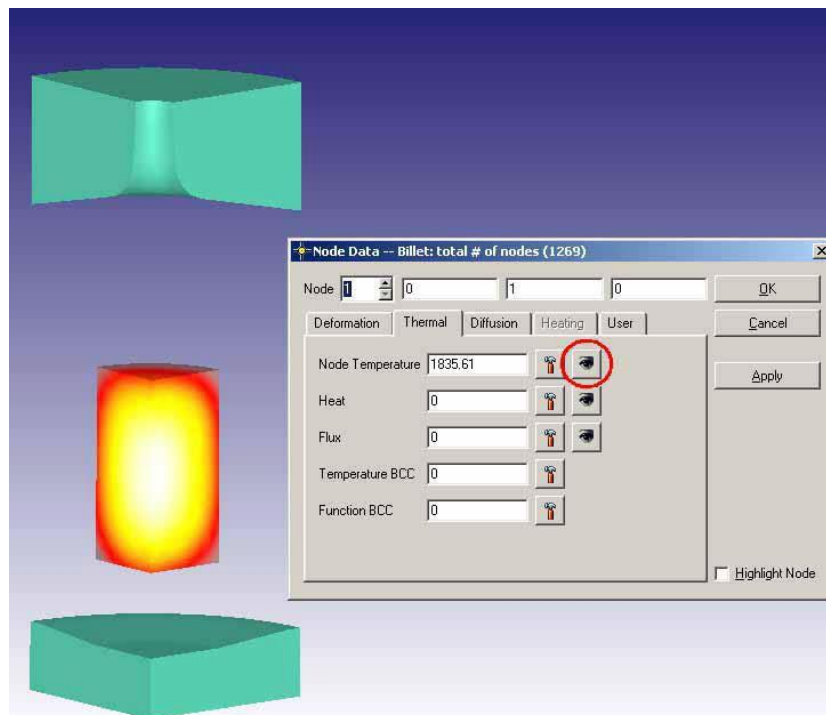


Рисунок 6.2. – Температура у вузлі заготовки

6.1. Розбивка штампу на сітку скінчених елементів та температурні граничні умови


Так як заготівка буде взаємодіяти зі штампом, необхідно продумати температуру штампа. У DEFORM-3D, температура штампу може бути призначена двома різними способами:

1) штампу може бути призначена постійна температура, яка не змінюватиметься в ході розрахунку. Коли вибрано цей спосіб, розбивку на сітку елементів на штампі робити не потрібно і температура задається в розділі





2) Штамп може мати температурне поле, яке змінюється під час розрахунку. Це найбільш точний з двох способів, але на штампі необхідна наявність сітки. Цей спосіб і буде використовуватися в цій роботі.

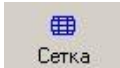
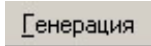


6.3.1 Верхній штамп

Виберіть **Top Die** в Дереве объектов. Штамп моделюється підігрітим, так що змініть Температуру з 68 ° F на 300 ° F. Натисніть кнопку  для

створення сітки, використовуйте стандартні параметри, натисніть .

Коли розбивка закінчиться натисніть кнопку  і виберіть гранична умова **Теплообмен со Средой (Heat Exchange with Environment)**. Виберіть верхню поверхню, внутрішню і зовнішню криволінійні поверхні, вони забарвляться зеленим в **Окне экран**. Потім використовуйте кнопку  для призначення граничної умови цим гранях.

6.3.1. Нижній штамп

Виберіть **Bottom Die** в **Дереве объектов**. Змініть Температуру з 68 ° F на 300 ° F і натисніть кнопку . Як і для Top Die, буде використано стандартні налаштування натисніть . Коли розбивка закінчиться, натисніть кнопку . Виберіть граничну умову **Теплообмен Со Средой (Heat Exchange with Environment)**, виберіть всі грані, виключаючи площині симетрії. Використовуйте кнопку для призначення граничної умови .

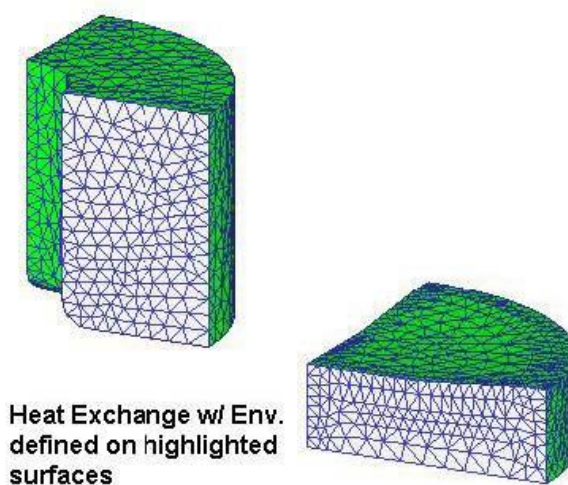

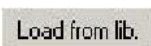
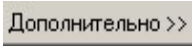


Рисунок 6.3. – Визначення поверхонь теплопередачі інструментів

6.4. Імпортування матеріалу штамп

Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Материал**. Використовуйте кнопку  для завантаження **AISI-H-13**, як матеріалу для штамп. У вікні **Библиотека Материалов (MATERIAL LIBRARY)** кнопка  **Дополнительно >>** може бути використана для перегляду додаткової інформації про обрані дані.

Як показано в полі **Описание (Descriptions)** (Рис. 6.4), температура штампа знаходиться в діапазоні, визначеному для H-13. Температурний діапазон відображається в імені матеріалу (1450F - 1850F) це діапазон для напруження пластичної течії, і так як штамп моделюється як жорсткий, нас не цікавить напруження пластичної течії.

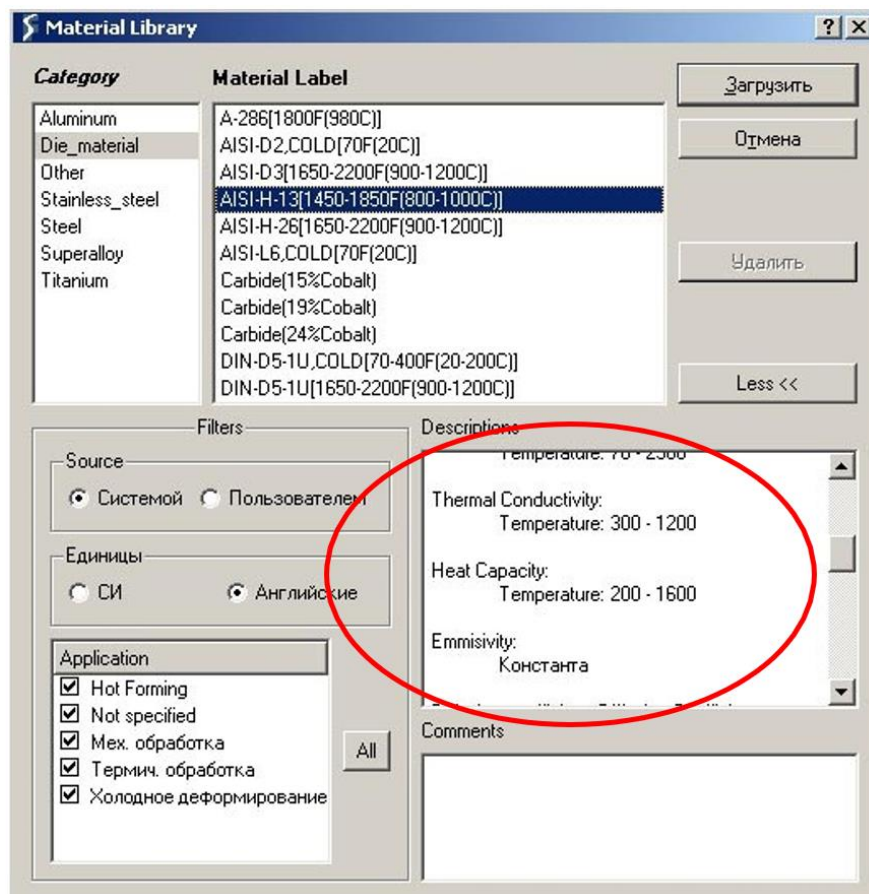



Рисунок 6.4. – Вибір матеріалу інструментів

Тепер матеріал H-13 необхідно призначити штампу. Виберіть один з штампів в **Дерево Объектов** і переконайтеся, що кнопка  **Материал** натиснута.

Натисніть вкладку **Задано** і перетягніть мишею матеріал H-13 в поле **Название** (Рис. 6.5).

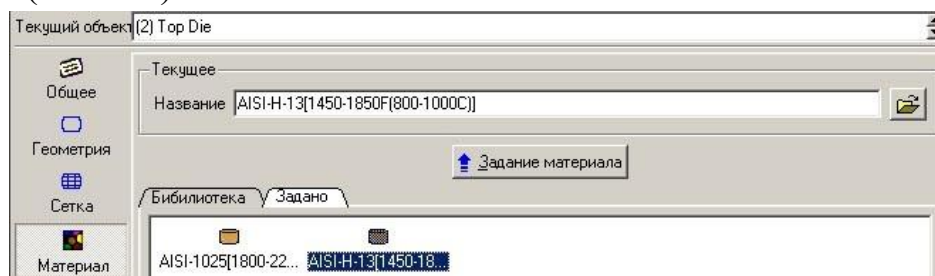




Рисунок 6.5. – Матеріал інструменту

Зробіть також для призначення H-13 іншому штампу.

6.5. Позиціювання заготовки

Заготівку необхідно позиціонувати на Bottom Die. Натисніть кнопку  і виберіть . Змініть **Позиционируемый Объект** на **Billet** та **Относительно** на **Bottom Die**.

Змініть Напрямок на -Z і потім натисніть .

6.6. Взаємодія між об'єктами


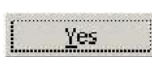
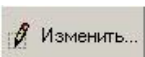

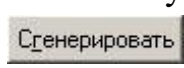

Необхідно визначити контакт між заготовкою та штампом. Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Взаимодействие объектов**. Коли Вас запитують чи хочете Ви щоб були додані відносини за замовчуванням – натисніть . Виберіть ставлення Bottom Die - Billet і натисніть кнопку . Так як в цьому розрахунку враховується тільки теплообмін, зміни потрібні тільки на вкладці **Температурные**, а не на вкладці **Деформации**. Виберіть **Свободное Положение (Free resting)** зі списку (Рис. 6.6.).





Рисунок 6.6. – Взаємодія (контакт) об'єктів

Поверніться у вікно **Взаимодействие объектов**, використовуйте кнопку  для визначення відповідної похибки і потім натисніть кнопку  для створення контакту. Буде створено контакт між Billet і Bottom Die.


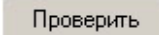

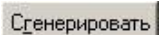

6.5. Установка параметров расчета

Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Настройки задачи**. Змініть **Название операции** на **Dwell** (Затримка) і **Номер операции** на 2.

Заготовка спочиває на Bottom Die 2 секунди. Використовуємо той же час




кроку -0.2 сек - що і в попередній роботі, всього необхідно 10 кроків. Натисніть  і змініть **Число шагов расчета** на 10 і **Через сколько шагов сохранять** на 5. Зауважте, що **Номер начального шага** тепер -51. Цей розрахунок -продовження розрахунку переносу від печі (Кроки – від 1 до 50), і буде додано в кінець бази даних Spike.DB, так що обидва розрахунки будуть знаходитися в одному файлі. Натисніть кнопку  коли закінчите.

6.7. Збереження задачі та запуск розрахунку

Тепер налаштування завершене, виберіть **Файл>Сохранить как...** і збережіть дані у файлі Spike_Dwell.KEY. Далі, натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Генерация базы данных..** Натисніть  для перевірки правильності налаштування. Так як **Заготовка** і **Top Die** не взаємодіють протягом операції Затримка (Dwell), повідомлення  IHTCDF between 1 and 2 objects is ZERO можна ігнорувати. Натисніть  для створення бази даних завдання. Після створення бази даних використовуйте кнопку  для повернення в головне вікно.

Запустіть розрахунок, натиснувши СТАРТ в списку [Simulator](#). Спостерігайте за ходом розрахунку за допомогою **Файл Сообщений**.

6.8. Постпроцесор

Коли розрахунок закінчений, натисніть [DEFORM-3D Постпроцессор](#) під **Post Processor**. Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Список Шагов (STEP LIST)**, натисніть  для перегляду всіх кроків. Для кращого перегляду охолодження заготовки на штампі, виберіть Billet в **Дерево объектов** натисніть кнопку **Режим одного объекта (Single object mode)** . У **окне Экран** буде відображена тільки заготовка. Виберіть **Температура (Temperature)** зі списку **Переменные Состояния (State Variable)** і натисніть правою кнопкою миші на **Цветовой Полосе (Color Bar)**, виберіть **Temperature** як тип **Цветовой Полосы**.

Переходьте по кроках розрахунку для перегляду температури заготовки. На Кроці - 51 заготовка зсувається вниз і поміщається на нижній штамп. Зауважте що дно заготовки охолоджується починаючи з -51 кроку до 60 кроку за рахунок контакту з більш холодним штампом. Увімкніть Bottom Die і

подивіться зміна його температури. Спостерігайте як штамп нагріється за 2 секунди (Рис. 6.7).

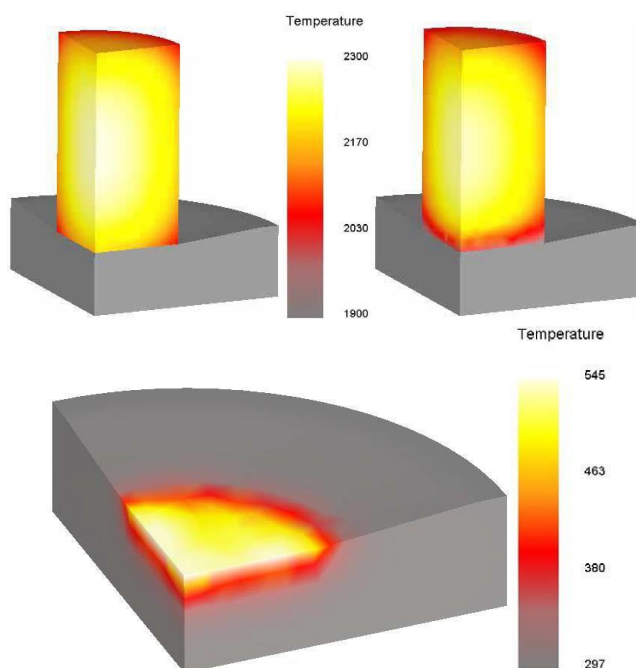


Рисунок 6.7. Результати моделювання

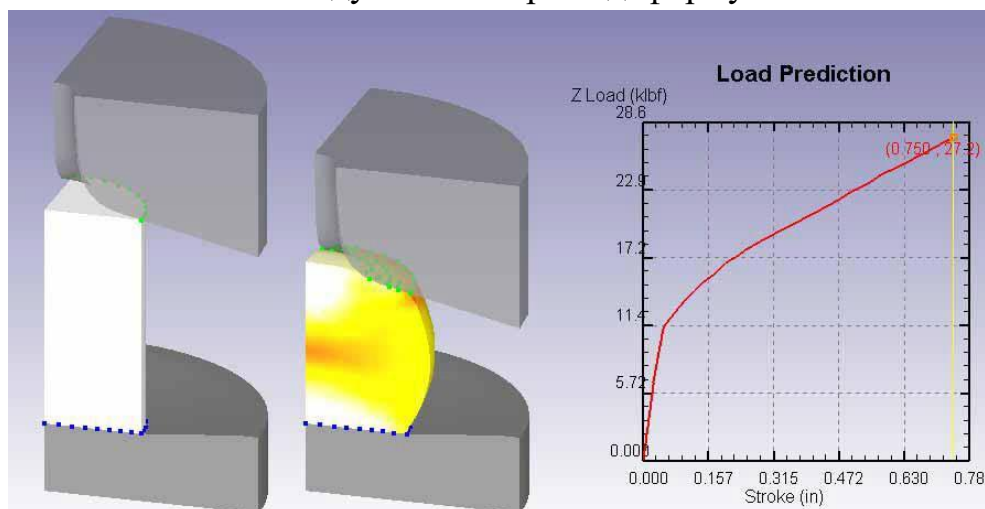
Коли закінчите, натисніть  для повернення в головне вікно.

Контрольні запитання

- 1) Яким чином можна призначити температуру деталям штамп?
- 2) Для чого потрібно задавати температуру деталям штамп (інструменту)?
Яка температура штамп при реальних процесах гарячого деформування?
- 3) Бувають випадки коли кількість кроків розрахунку може перевищувати декілька тисяч. Яким чином можна зменшити об'єм бази даних розрахунку?
- 4) Яким чином відбувається позиціонування заготовки на штампі в цій задачі?
- 5) Що потрібно враховувати при моделюванні процесу гарячого деформування для того, щоб результати моделювання максимально співпадали із реальними процесами?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 КУВАННЯ – УДАР 1

Мета роботи: навчитись модулювати гаряче деформування на молоті




7.1. Вступ



У попередніх роботах заготівля піддалася переносу від печі і затримки на нижньому штампі. Останній крок Затримки буде завантажений в препроцесор і налаштована перша кувальна операція.

7.2. Відкриття попереднього розрахунку


Головне вікно DEFORM-3D має бути відкрито. Виберіть файл Spike.DB в списку файлів і натисніть [DEFORM-3D Препроцесор](#) для запуску препроцесора. Виберіть і завантажте 60 крок і натисніть ОК


7.3. Установка параметрів розрахунку

Натисніть  для входу в **Настройки задачи**. Змініть **Название операции** на **Forging Blow 1** та **Номер операции** на **3**. Включить **Деформирование**, так щоб була включена **Теплопередача**.

Натисніть кнопку  для перегляду сітки, використовуйте інструмент  для вимірювання довжини найменшого елемента заготовки. Ця довжина приблизно 0.06 ". Хід штампа повинен складати приблизно 1/3 - 1/2 від цього значення або приблизно 0.025". Ми хочемо щоб верхній штамп стиснув заготовку на 0.75 "за цю операцію. Для цього необхідно 30 кроків.




Пояснення:

Користувач може використовувати кнопку **Перерисовать**  екрану від ліній вимірювань.

Натисніть  і встановіть **Число шагов расчета** в **30** і **Через сколько сохранять** в **5**. Змініть **Главный Инструмент** на **Top Die**, так як **Top Die** переміщається, і під

Завдання кроків вирішення встановіть **3** постійним переміщенням інструменту в **0.025 "**.

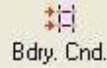

7.2. Позиціонування Верхнього Штампа

Натисніть , щоб відкрити вікно **Позиционирование Объектов** і виберіть . Змініть **Позиционируемый Объект** на **Top Die** і **Относительно** на **Billet**. Змініть **Направление** на **-Z**. Натисніть .

7.3. Визначення граничних умов деформації

У двох попередніх розрахунках моделювався тільки теплообмін. Таким чином, визначені тільки граничні умови теплообміну. У цій роботі будуть моделюватися деформації, тобто всі граничні умови повинні бути перевизначені.

7.2.1. Заготовка

Виберіть **Billet** в **Дереве Объектов** і натисніть кнопку . Виберіть **Плоскость Симметрии (Symmetry plane)** і, потім, виберіть одну з площин симетрії заготовки мишею (вузли підсвітуються червоним). Натисніть  для застосування граничної умови обраної поверхні. Виконайте те ж саме для інших поверхонь симетрії. У списку **Тип гр. условий** (рис. 7.1) повинні бути визначені дві граничні умови.

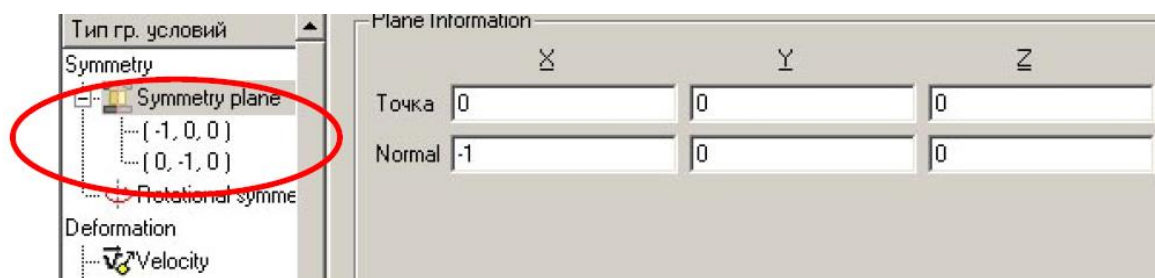

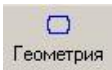


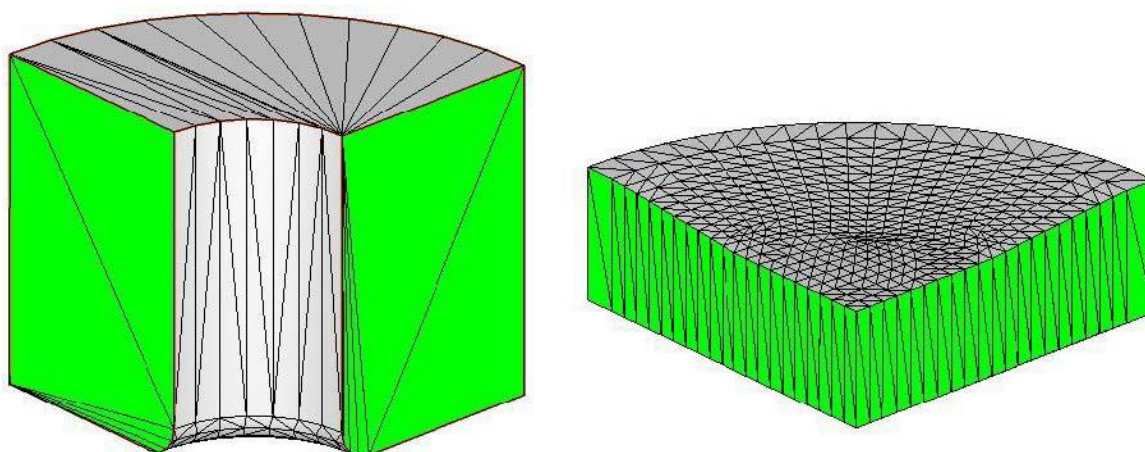
Рисунок 7.1. – Граничні умови площин симетрії

7.2.2. Верхній штамп

Так як штампи жорсткі, вони трохи відрізняються від деформованих об'єктів. Для об'єктів, таких як заготовка, симетрія визначається для їх **Сітки (Mesh)**. Для жорстких об'єктів, таких як наші штампи, симетрія визначається для їх **Геометрії (Geometry)**. Виберіть **Top Die** в **Дереве Об'єктів** і натисніть кнопку  Геометрия. Виберіть вкладку **Поверхні симетрії** і, потім, виберіть обидві площини симетрії, так щоб вони стали підсвічені зеленим.

7.2.3. Нижній штамп

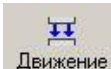
Виберіть **Bottom Die** в **Дереве Об'єктів** і натисніть кнопку  Геометрия. Виберіть вкладку **Поверхности симметрии** і потім клацніть обидві площини симетрії, так щоб обидві вони стали пофарбовані зеленим (Рис. 7.2).




Symmetric surfaces on dies are highlighted

Рисунок 7.2. – Інструменти із площинами симетрії

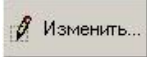
7.3. Установка переміщення штампу


Виберіть **Top Die** в **Дереве Об'єктів** і натисніть кнопку  Движение. Встановіть **Скорость** 2 дюйма в секунду в **Направлении -Z**.


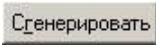
7.4. Повторна установка контакту між об'єктами

Натисніть , щоб відкрити вікно **Взаимодействие объектов**. Необхідно визначити тертя між заготовкою і штампом, так як тепер моделюється деформація. Так само необхідно змінити **Температурные** дані на

Коэффициент Теплообмена Формовки (Forming heat transfer coefficient) замість **Коэффициента покоя (Free resting coefficient)**, використаного в попередній роботі.

Виберіть перший контакт в таблиці і натисніть . На вкладці **Деформации**, використовуйте список тертя, що випадає для вибору **Hot forging (Горячая ковка)**. На вкладці **Температурные**, використовуючи список, що випадає, виберіть **Формовка (Forming)** в якості коефіцієнта теплообміну. Поверніться у вікно **Взаимодействие объектов**.

Натисніть  для зміни інших контактів на ці налаштування.

Використовуйте  для визначення відповідної похибки і натисніть  для створення контакту. Між заготовкою і обома штампами буде створений контакт (Рис. 7.3).

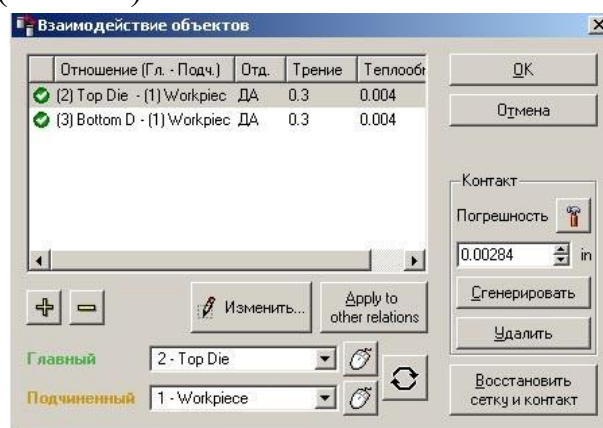

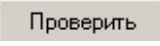
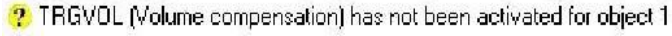
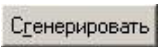









Рисунок 7.3. – Взаємодія об'єктів

7.5. Збереження задачі та запуск розрахунку

Виберіть **Файл>Сохранить как...** і збережіть дані як **Spike_Blow1.KEY**. Далі, натисніть  для відкриття вікна **Генерация базы данных**. Натисніть . Ігноруйте попередження **Компенсация объема (Volume Compensation warning)**  натисніть  для створення бази даних. Після створення бази даних, натисніть  для повернення в головне вікно і запусіть розрахунок натиснувши **СТАРТ**. Спостерігайте за ходом розрахунку за допомогою **Файла сообщений**.

7.6. Постпроцесор

Коли розрахунок завершиться, натисніть на [DEFORM-3D Постпроцессор](#). Натисніть  і виберіть всі кроки для перегляду . Виберіть **Billet** в **Дереве об'єктів**, натисніть  для відображення обох штампів прозорими, натисніть кнопку  для перегляду контакту між заготовкою і інструментом. Переміщайтесь по кроках, зверніть увагу на кроки з -61 по 90.

Подивіться **Температуру (Temperature)** та **Эффективные Деформации (Effective Strain)** (Рис. 7.4). Залежно від змінних ви можете перемикатися між геометрією і сіткою на інструменті. Коли спостерігаєте за температурою, градієнт сітка/температура на штампі може бути відображений за допомогою кнопки  **Show Mesh (Показать сетку)** (і також натиснувши на кнопку  **Show Geo (Показать геометрию)** можна відключити геометрію). Так само при перегляді змінних, таких як Ефективні Деформації, цікавлять тільки об'єкти, що деформуються, замість сітки, ймовірно, повинна бути відображена геометрія.

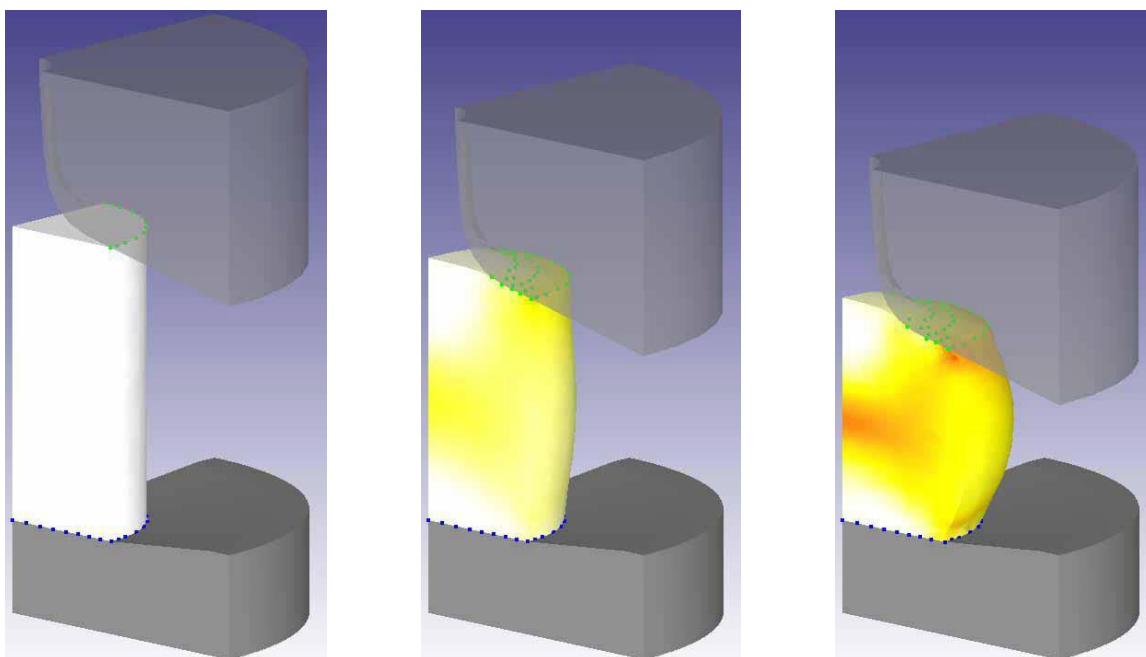



Рисунок 7.4. – Результати моделювання

Величина зусилля, необхідного для деформації об'єкта - важливий параметр - може бути отримана з розрахунку. Натисніть кнопку  у верхній частині екрану. Коли з'явиться вікно **График**, змініть налаштування так, щоб був обраний тільки **Top Die**, для осі X встановіть **Перемещения**, для осі Y

встановить Z Load. Натисніть з'явиться прозора крива **Load-Stroke** (**Усилие-Перемещение**) поверх інших об'єктів **Окна экрана** (Рис. 7.5).

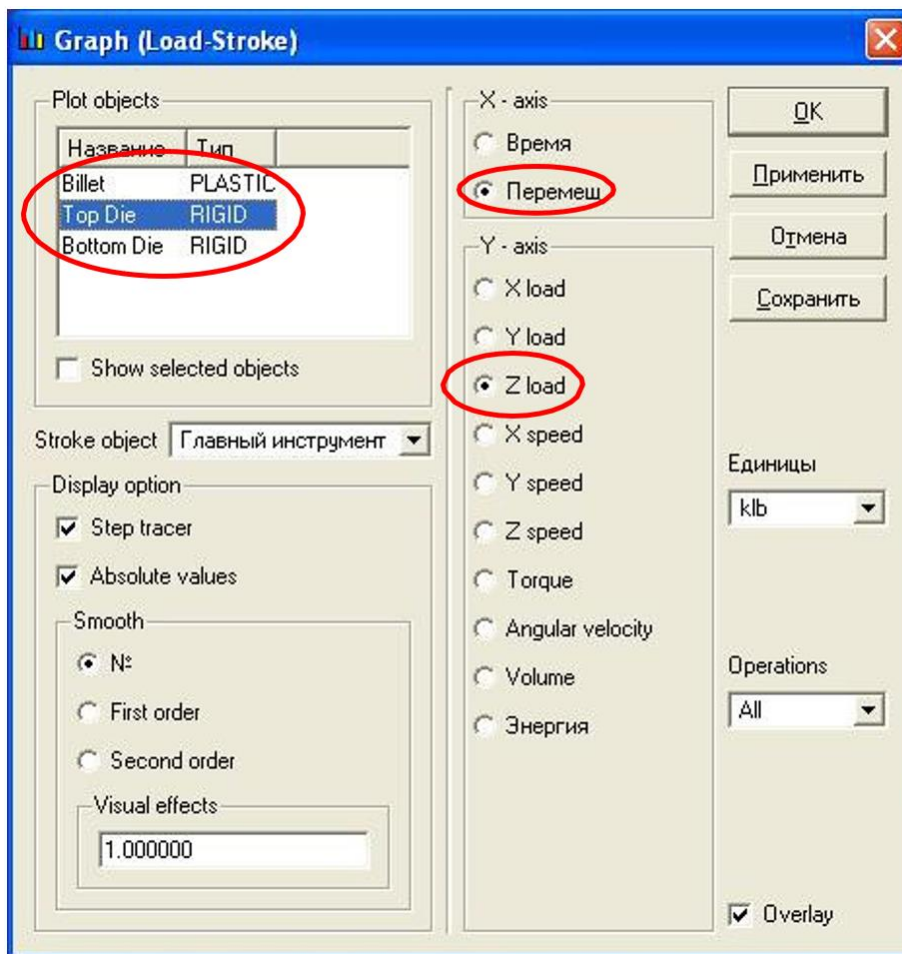
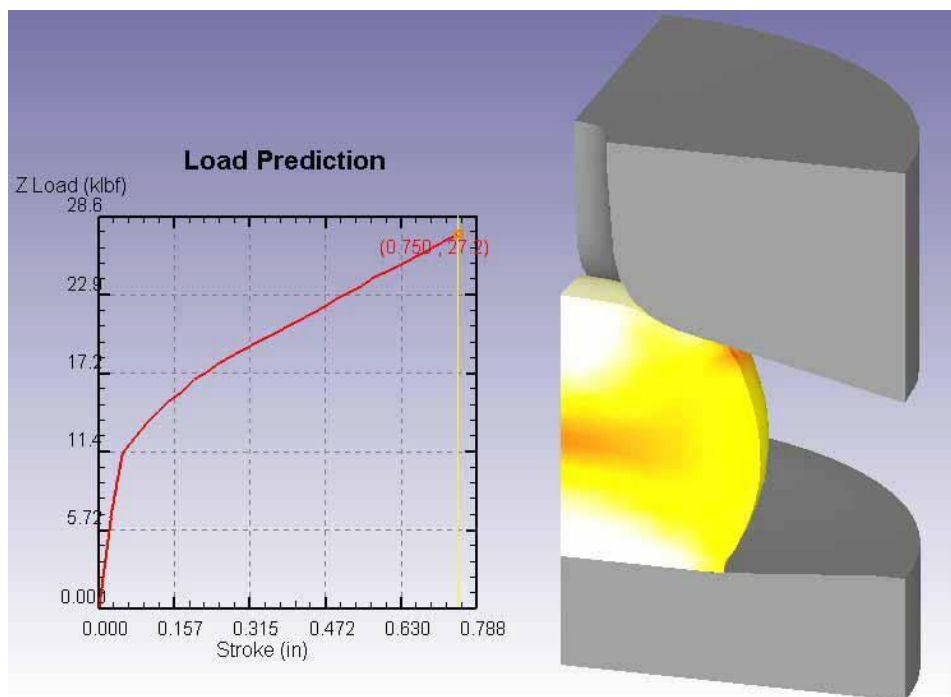


Рисунок 7.5. – Параметри графіку

При виборі різних кроків, смуга на кривій **Load-Stroke** визначає поточний крок і на графіку показується навантаження для цього кроку. Так само, точка на графіку може бути обрана мишею і буде відображатися крок автоматично.



Коли закінчите, натисніть  для повернення в головне вікно.

Контрольні запитання

- 1) Скільки повинен бути хід інструменту за крок розрахунку в залежності від розміру скінченного елементу. Чому?
- 2) Чи можна зберегти дані графіку, наприклад графіку зусилля, щоб використати їх при побудові графіків в інших програмах?
- 3) Чи буде збільшуватись/зменшуватись температура поковки при деформуванні? Де саме в об'ємі заготовки в розглянутій задачі буде збільшуватись/зменшуватись температура?
- 4) Чому може відбуватися перебудова сітки скінчених елементів при моделюванні? Як можна контролювати частоту перебудови сітки скінчених елементів?
- 5) Якщо відбувається перебудова сітки скінчених елементів, на графіку зусиль може з'явитися різке підвищення/зниження значення зусилля. Як в DEFORM зробити графік більш плавним (без різких підвищень/знижень)?

Індивідуальне завдання

За схемою та даними поставити на розрахунок об'ємну задачу, використовуючи площини симетрії. Розрахувати об'єм заготовки. Контури заготовки та інструментів можна будувати в будь-якій CAD програмі (розширення файлів для імпортування в DEFORM .stl). Час розрахунку задати таким чином, щоб інструмента пройшов не менше половини висоти заготовки.

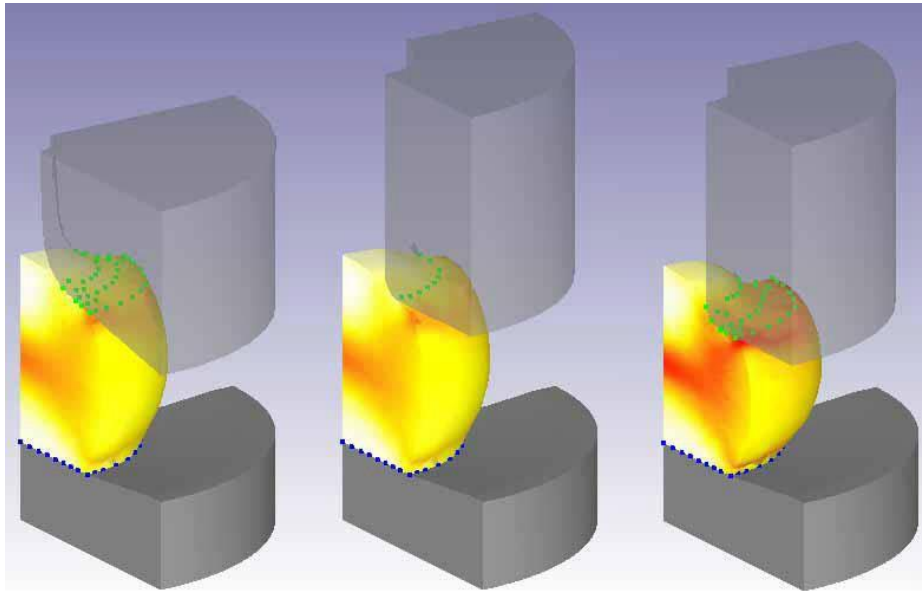
Потрібно сформулювати звіт в якому буде відображено: схема процесу, основні етапи постановки задачі, зусилля на основному інструменті, розподіл питомих зусиль на контактних поверхнях інструментів, вивести результати НДС заготовки. Порівняти результати розрахунку із вісесиметричною задачею.

Див додаток/завдання №2 – «Об’ємна задача»

Студент за списком	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. КОВКА – ЗАМІНА ШТАМПА ТА УДАР 2

Мета роботи: навчитись розробляти процес багатостадійного деформування та робити оцінку площини контакту інструменту та заготовки.





8.1. Вступ

Була розрахована перша ковальська операція, тепер змоделюємо другу операцію, для якої потрібно інший штамп. Для другої операції буде імпортована нова геометрія і проведене налаштування задачі.

8.2. Відкриття попереднього розрахунку

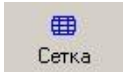
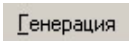
Головне вікно DEFORM-3D має бути відкрито. Виберіть файл Spike.DB в списку файлів, натисніть [DEFORM-3D Препроцессор](#) для запуску препроцесора. Виберіть останній крок першої операції - Крок 90. Натисніть кнопку [Перевірити геометрію](#).

8.3. Заміна Верхнього Штампу для другого удару

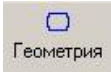
Необхідно замінити геометрію і сітку верхнього штампа. Виберіть **Тор Die** в Дереве об'єктів, натисніть  **Сетка** і видалить сітку, натиснувши  **Удалить сетку**. Стара сітка Верхнього штампа видалена, але геометрія все ще залишається.



Натисніть  і імпортуйте геометрію з файлу Spike_TopDie2.STL.

Нова геометрія Верхнього Штампа відобразиться у вікні **Экран**. Для побудови сітки нового штампу використовуйте установки за замовчуванням,

натисніть  і потім . Натисніть і визначте матеріал для нового верхнього штампа як H-13.

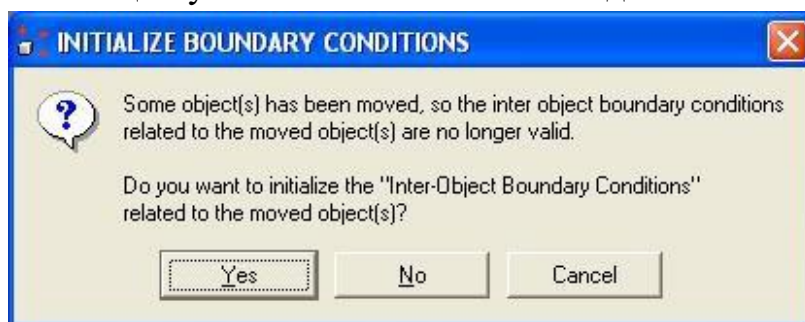
8.4. Визначення нових граничних умов для верхнього штампу


Так як верхній штамп змінений, необхідно перевизначити граничні умови теплообміну і деформації для нової геометрії. **Деформации:** натисніть  та виберіть вкладку **Поверхности симметрии**, виберіть обидві площини симетрії так, щоб вони забарвилися зеленим;

Теплообмен: натисніть  і виберіть **Теплообмен с окружающей средой (Heat Exchange with Environment)**. Виберіть всі поверхні верхнього штампа, за винятком площин симетрії і натисніть  для застосування граничної умови.



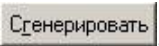
8.5. Позиціонування верхнього штампу

Натисніть  і виберіть . Змініть **Позиционируемый Объект** на **Top Die** та **Относительно** на **Billet**. Змініть **Направление** на **-Z** і натисніть . Після позиціонування з'явиться таке повідомлення:





Натисніть , щоб видалити контакт між заготовкою і старим штампом.


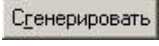
8.6. Визначення контакту


Так як геометрія верхнього штампа змінена, необхідно заново створити контакт між заготовкою та верхнім штампом. Натисніть , щоб відкрити вікно **Взаимоотношение объектов**, натисніть  та встановіть потрібну точності. Натисніть .

8.7. Установка параметрів розрахунку




Натисніть  для входу в **Настройки задачи**. Змініть **Название Операции** на **Forging Blow 2** і Номер Операції на 4. Необхідно щоб Верхній Штамп пройшов 0.25" за другу операцію. Натисніть  **Шаг** і встановіть **Число шагов расчета** в **10**. Встановіть інші параметри так, щоб 10 кроків були пройдені з умови 0.025 дюйма за крок.


8.8. Збереження задачі та запуск розрахунку

Виберіть **Файл>Сохранить как...** і збережіть дані у файлі Spike_Blow2.KEY. Далі, натисніть  для відкриття вікна **Генерация базы данных**. Натисніть кнопку  **Проверить**. Ігноруйте **Предупреждение компенсация объема (Volume Compensation)**, натисніть .

Після створення бази даних натисніть  для повернення в головне вікно. Запустіть розрахунок, натиснувши **СТАРТ**. Спостерігайте за ходом розрахунку за допомогою **Файла Сообщений**.

8.9. Постпроцесор

Коли розрахунок закінчиться, натисніть  **DEFORM-3D Постпроцессор**. Натисніть  і перегляньте всі кроки .

Пройдіть по кроках, зверніть увагу на другу операцію, кроки з -90 по 100. За допомогою кнопки  перегляньте як контактують об'єкти в цьому розрахунку (Рис. 8.1). Так само визначте температуру, ефективні деформації і залежність навантаження від ходу штампа.

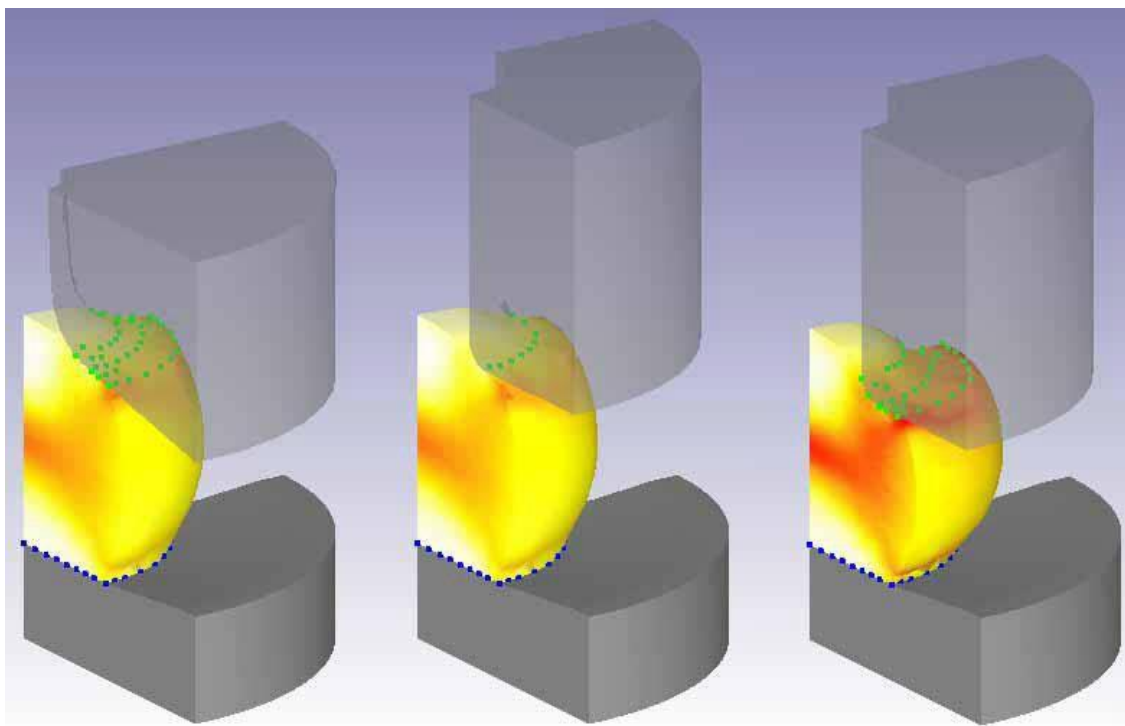


Рисунок 8.1. – Результати розрахунку

Коли закінчите, натисніть  для повернення в головне вікно.

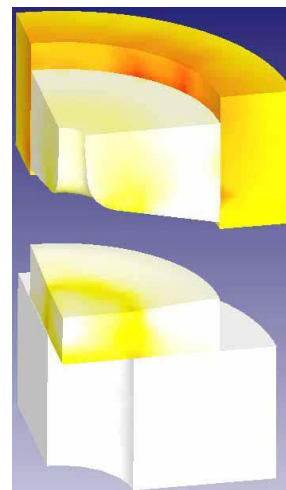
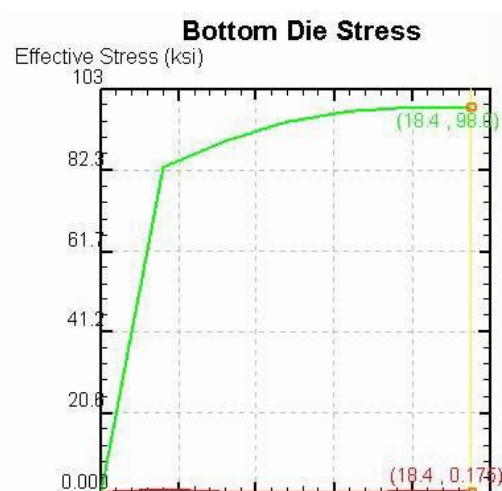
Контрольні запитання

- 1) Для чого потрібно виставляти параметр «Компенсації об'єму заготовки». Які варіанти завдання параметру «Компенсації об'єму заготовки» бувають?
- 2) Яким чином можна замінити інструмент при здійсненні послідовних операцій?
- 3) Яким чином відбувається позиціювання об'єктів при варіанті – Інтерференція?
- 4) На рис. 8.1. присутні зелені та сині точки. Що це за точки?
- 5) Які типи сітки скінченних елементів бувають. В чому різниці сітки скінчених елементів при постановці задачі гарячого об'ємного деформування та холодного листового?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ІНСТРУМЕНТУ


Мета роботи: навчитись розраховувати напружено-деформований стан інструменту при деформуванні заготовки.




Коли аналіз напруження робиться тільки на одному інструменті, одного кроку моделювання досить для отримання точних напружень. Коли аналіз напружень робиться на складальних штампах, де є взаємодія між інструментами, зазвичай необхідно більш ніж один крок для того, щоб отримати стан рівноваги при прикладенні навантаження.

У типовому розрахунку напруження штампа, поковка видаляється, а сили з якими деталь діє на штамп інтерполюють на інструмент. У цій роботі також буде змодельована гаряча посадка


9.1. Створення нової задачі

Натисніть  для створення нового завдання. Назвіть завдання DieStress.

9.2. Завантаження кроку бази даних


Ми б хотіли виконати аналіз навантаження штампа в момент закінчення першої операції (Роботи 5 - 8)). Використовуйте кнопку **Импорт БД** . Для завантаження Spike.DB (знаходиться в папці Problem\Spike). Завантажте Крок 90, який відповідає закінченню Удару 1.

9.3. Установка параметрів розрахунку

Натисніть  для входу в **Настройки задачи**. Змініть **Заголовок задачи** та **Название операции** на **Die Stress** і встановіть **Номер Операции** в 1. Переконайтеся, що встановлені одиниці виміру **English**, **Деформирование** включено, а **Теплопередача** вимкнена.

У розрахунок будуть додані два супорти, які взаємодіють з верхнім і нижнім штампами. Так як буде взаємодія між набором інструментів, потрібно більше одного кроку розрахунку, щоб було досягнуто рівновагу. Встановіть **Номер начального шага** в -1, **Число шагов расчета** в 6 і **Через сколько шагов сохранять** в 1. Встановіть **Задание шагов решения** в **C постоянным временным шагом** в 1 сек.

9.4. Додавання додаткових інструментів і видалення заготовки


Використовуйте  для додавання двох додаткових об'єктів (Об'єкт 4 і 5) в **Дерево Объектов**. Слідуйте наступними вказівкам для кожного об'єкта.

9.4.1 Заготовка


Для напруженого аналізу штампа Заготовка не потрібна, так що видаліть її кнопкою .

9.4.2. Верхній штамп

Змініть Тип Верхнього Штампа на **Упругий**.

1)  **Dry. Cnd.** Виберіть граничну умову **Плоскости Симметрии (Symmetry plane)**, потім додайте граничну умову для кожної з площин симетрії Верхнього Штампа.

2) Застосуйте гранична умова $V_z = 0$ **Скорость (Velocity)** для верхньої поверхні Верхнього Штампа. Це гранична умова не дозволить штампу відлетіти при прикладанні навантаження.

3) виберіть граничну умову **Сила (Force)**. Для інтерполяції навантажень від заготовки на інструмент натисніть кнопку .

Знайдіть файл бази даних Spike.DB, і потім виберіть Крок 90, який був завантажений в препроцесор (Рис. 9.1). При перенесенні навантаження від заготовки, використовуйте **Точность Ошибки (Error Tolerance)** як 0.1 (повинна приблизно дорівнювати розміру елементу оброблюваної деталі).

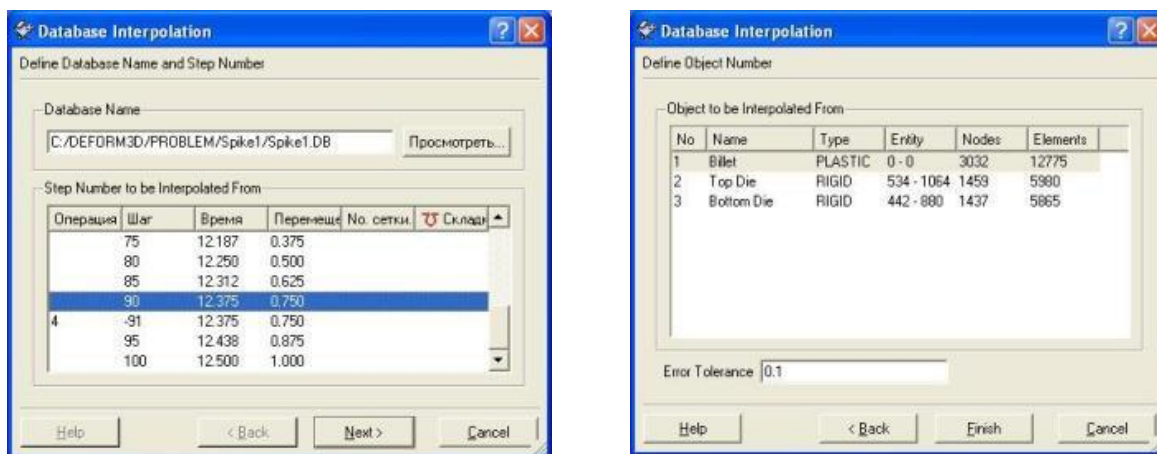


Рисунок 9.1 – Завантаження кроку розрахунку та вибір інструменту

Повинно з'явитися підсумкове вікно, яке показує сили на заготовці та сили, які були перенесені до штампу.

Ці сили взагалі не будуть точно рівні. Цим до певної міри управляє **Допуск Погрешности (Error tolerance)** (Рис. 9.2). Включення більш високого допуску буде інтерполювати сили від більшої кількості поверхневих вершин заготовки, збільшуючи сили, інтерпольовані до штампу. Поки сили для деталі і штампу досить близькі, інтерполяцію вважають успішною.

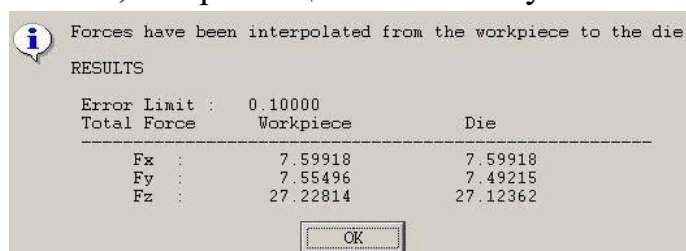



Рисунок 9.2. – Визначення неточності розрахунку

Якщо Ви зробили об'єкт прозорим (натиснувши кнопку  поки Верхній Штамп обраний в Дереві Об'єктів) інтерпольовані сили будуть видні (Рис. 9.3).

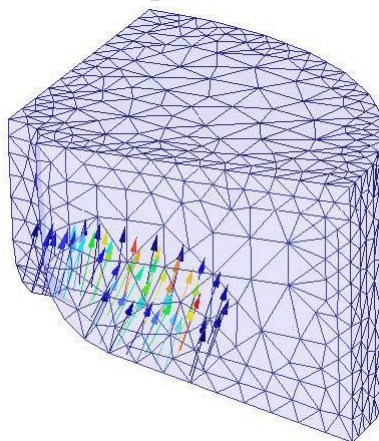



Рисунок 9.3. – Інтерпольовані сили верхнього штампу

9.4.3. Нижній штамп

Змініть **Тип Нижнього Штамбу** на **Упругий**.

- 1)  виберіть граничну умову **Плоскості симетрії (Symmetry plane)**, додайте граничну умову для кожної площини симетрії.
- 2) Виберіть граничну умову **Сила (Force)** і інтерпольуйте сили від Заготовки, таким чином як Ви робили для Верхнього Штамбу (Рис. 9.4).

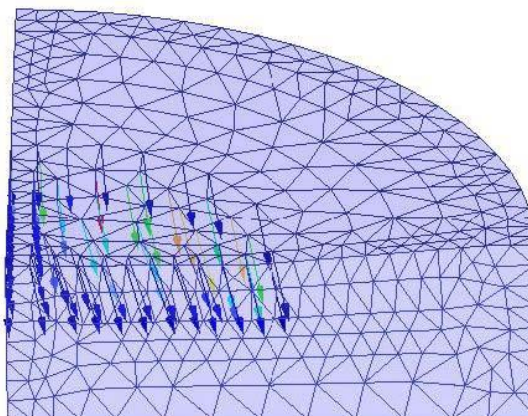
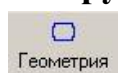


Рисунок 9.4. – Інтерпольовані сили нижнього штамбу

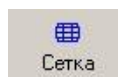
9.4.4. Об'єкт 4

Змініть ім'я **Об'єкту 4** на **Upper Support (Верхній Супорт)** і встановіть **Тип - Упругий**



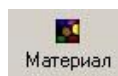
Геометрія

Імпорт геометрії з файлу UpperSupport.STL.




Сетка

Розбийте супорт використовуючи абсолютну сітку з **Минимальным размером элемента = 0.15** і Коефіцієнтом відношення = 1.



Матеріал

Призначте **H-13** як **матеріал** для даного супорта.

- 1)  Задайте граничну умову **Плоскость Симметрии (Symmetry plane)** для двох площин симетрії **Верхнього Супорта**.
- 2) Застосуйте гранична умова $V_z = 0$ **Скорость (Velocity)** для верхньої межі, так щоб верхня грань не могла переміщатися в напрямку осі Z.
- 3) Цей об'єкт також сприймає гарячу посадку, яку прикладають до нього, виберіть граничну умову **Горячая посадка (Shrink Fit)**. Гаряча посадка визначається радіально, так що повинні бути визначені вісь і крапка. Для цього розрахунку, (0, 0, 0) - точка в центрі штампів, і Вісь Z - вісь об'єктів. Якщо гаряча посадка застосовується до внутрішнього предмету, величина повинна

бути негативною. Якщо гаряча посадка застосовується до зовнішнього предмету, тоді величина повинна бути позитивна. Так як ми застосовуємо посадку до зовнішнього предмету, використовуємо величину 0.004 для **Интерференции (Interference)** (Рис. 9.5).

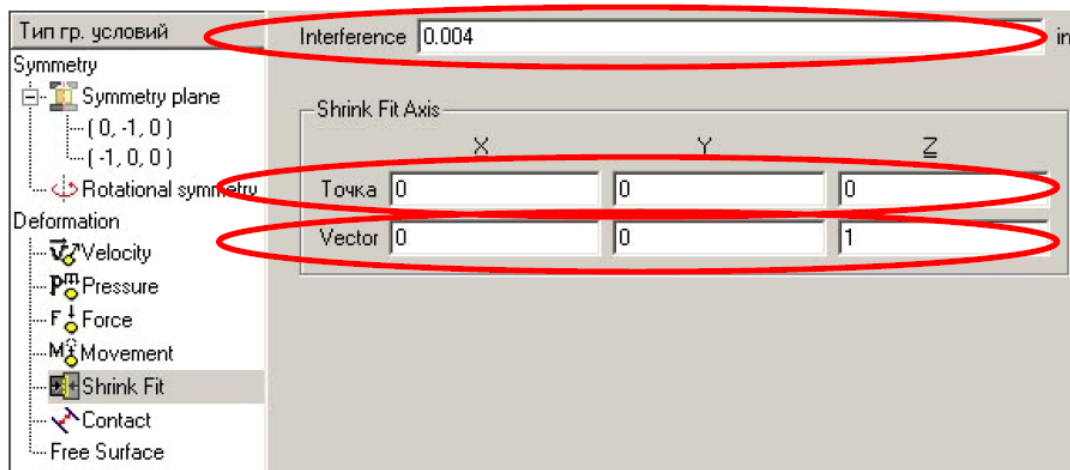

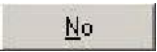
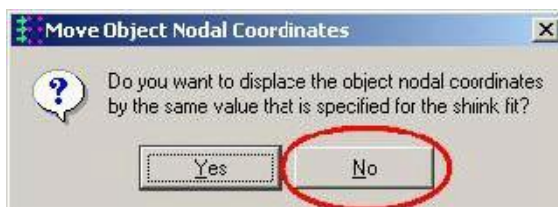
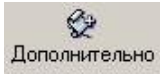




Рисунок 9.5. – Параметри гарячої посадки

Як тільки обведені в кола параметри будуть встановлені, вибирають внутрішню поверхню основи і потім використовуючи  додають гарячу посадку.

Коли Вас запитають, чи хочете Ви щоб координати вузлів були змінені, натисніть .



Для перегляду доданої гарячої посадки натисніть кнопку  **Дополнительно**, і потім  **Данные узлов**. Натисніть  за **Displacement (Перемещение)** для перегляду доданої гарячої посадки на Верхній Супорт (Рис. 9.6 та 9.7).

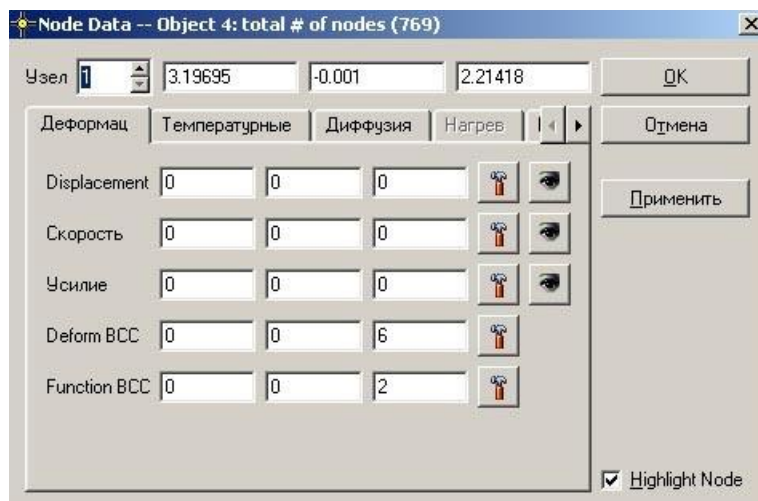


Рисунок 9.6. – Параметри вузлів сітки скінчених елементів

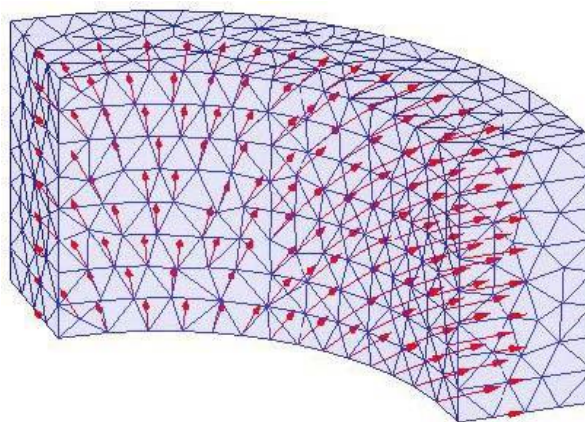
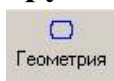


Рисунок 9.7. – Сили від гарячої посадки вузлів сітки скінчених елементів

9.4.5. Об'єкт 5

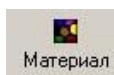
Змініть ім'я **Об'єкту 5 Lower Support (Нижній супорт)** і встановіть Тип як **Упругий**.



Імпорт геометрію з файлу LowerSupport.STL.



Розбийте об'єкт, використовуючи абсолютну сітку з **Минимальным размером элемента = 0.15** и **Коэффициент отношения = 1**.





Призначте H-13 як матеріал для цього супорта.

1) Задайте граничну умову **Плоскости Симметрии (Symmetry plane)** для двох площин симетрії Нижнього Супорта.



2) Застосуйте граничну умову $V_z = 0$ **Скорость (Velocity)** для нижньої поверхні, так щоб нижня поверхня не переміщалася в напрямку осі Z.

9.5. Визначення контакту між об'єктами

Контакт необхідно визначити між Верхнім Штампом і Верхнім супорт, а так само між Нижнім Штампом і Нижнім супорт. Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Взаимодействие объектов**. Додайте контакт використовуючи кнопку  і визначаючи контакт як показано нижче (Рис. 9.8).

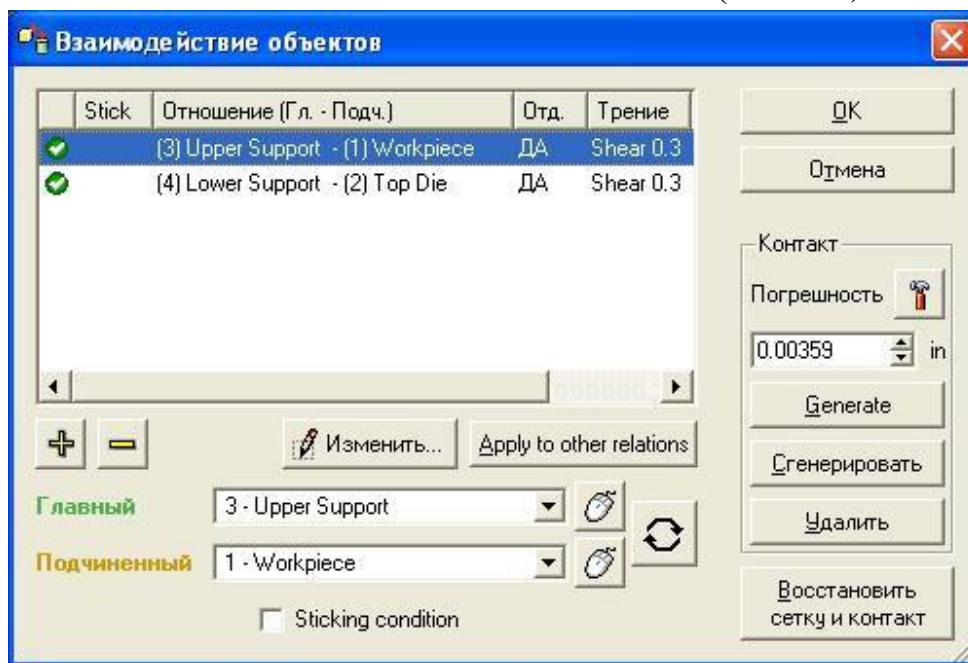

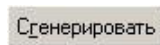


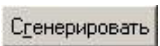


Рисунок 9.8. – Взаємодія об'єктів



Використовуйте  та встановіть потрібну точність контакту і натисніть .


9.6. Збереження задачі та запуск розрахунку

Натисніть кнопку  для збереження даних як DieStress.KEY. Натисніть кнопку  і потім  для створення бази даних.


Після створення бази даних поверніться в головне вікно і запусіть розрахунок, натиснувши **СТАРТ**.


9.7. Постпроцесор

Коли розрахунок закінчиться, натисніть [DEFORM-3D Постпроцессор](#). Натисніть  для перемикання в **Определяемый пользователем режим объектов (User-Defined Object Mode)**, який дозволяє Вам змінити видимість об'єктів. Використовуйте  для включення контакту Верхнього і Нижнього Штампів і

встановіть прозорість для обох об'єктів, використовуючи кнопку  для кожного з них.

Цей розрахунок моделювання запускався з декількома кроками так, щоб контакт і напруження могли стабілізуватися із встановленням рівноваги. Перемикайте кроки, і спостерігайте, як змінюється контакт. Контакт Верхнього штампа залишається по суті однаковим протягом аналізу, але контакт на нижньому штамі трохи змінюється. Прикладене навантаження тисне на центр штампа донизу, видаляючи його від супорта. В кінці моделювання контакт стабілізується і більше не змінюється протягом кількох кроків.

Використовуючи меню **Переменные Состояния (State Variable)**, що випадає, побудуйте **Эффективные напряжения** та **Максимальные Главные Напряжения (Max Principal stress)**, дві найважливіших змінних для цього розрахунку. Використовуйте кнопку .

Коротка інформація. Натисніть кнопку **Дополнительно >>** і виберіть **Объект** як **Top Die**, натисніть  відразу за Eff. Stress.

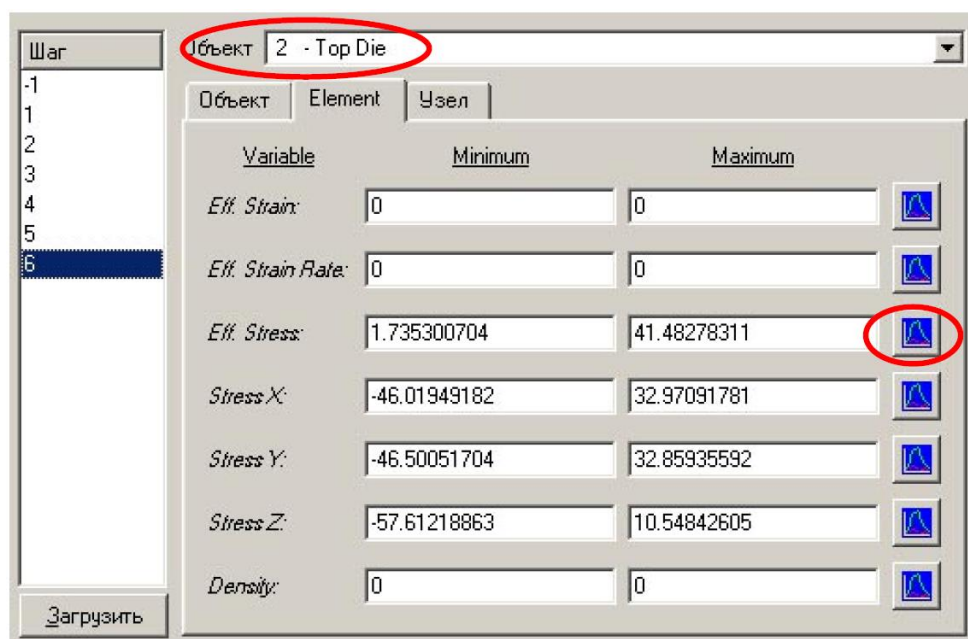


Рисунок 9.9. Побудова графіків напружень та деформацій

Для Нижнього Штампу відображаються Max і Min ефективні напруження. Ви можете бачити, що в кінці розрахунку, коли контакт перестає змінюватися, напруження стабілізуються і не змінюються в подальшому (Рис. 9.10).

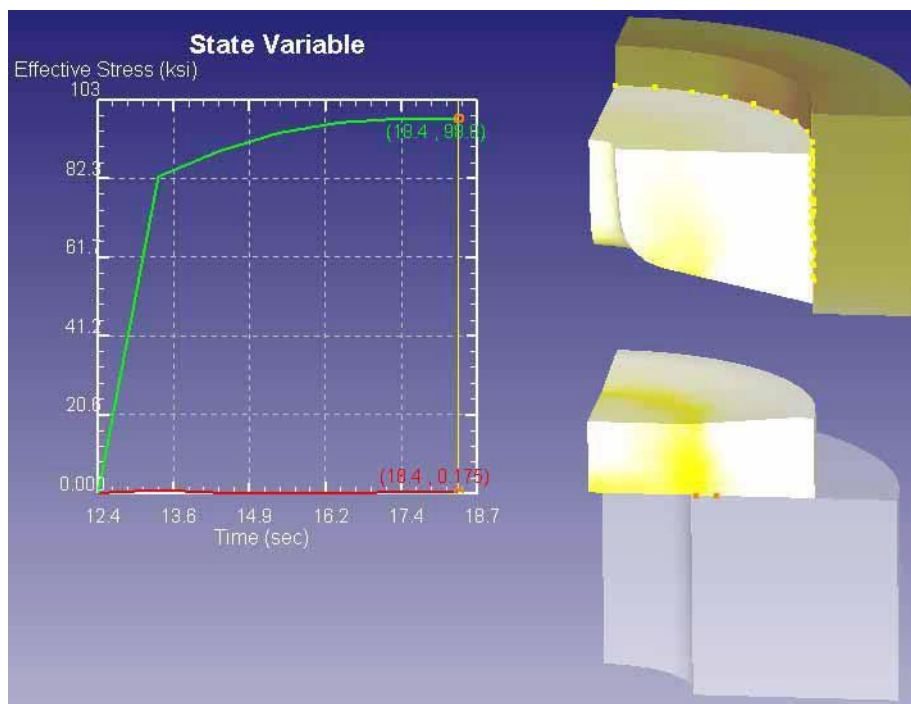


Рисунок 9.10 – Картина та графіки напружень інструментів

Коли закінчите, натисніть кнопку  для повернення в головне вікно.

Контрольні запитання

- 1) Скільки кроків розрахунку процесу деформування необхідно для того, щоб розрахувати НДС інструменту?
- 2) Чи можливо проводити розрахунок НДС інструменту паралельно із основним розрахунком деформування?
- 3) Який крок розрахунку деформування заготовки необхідно обирати при розрахунку НДС інструменту?
- 4) Чи можливо розрахувати гарячу посадку одного інструменту відносно другого?
- 5) Чи потрібно при розрахунку інструменту задавати матеріал інструменту? Який тип задачі потрібно вибирати: пластичну, пружну чи пружньо-пластичну?

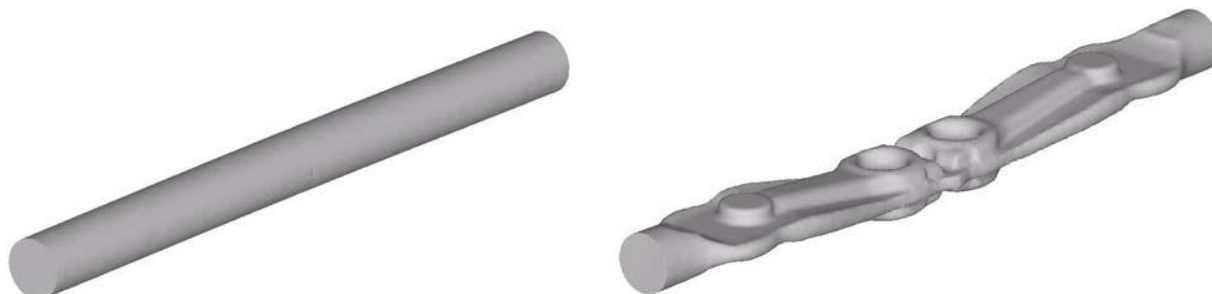
Індивідуальне завдання

На основі попереднього розрахунку (див. Додаток/завдання №2 – «Об’ємна задача») розрахувати НДС інструментів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

РУЛЬОВА ТЯГА

Мета роботи: навчитись робити постановку препроцесора процесу гарячого деформування на молоті.



Вступ

Німецька Асоціація Промисловості Кування періодично проводять еталонні випробування моделюванням кування.

У цій та наступній роботах, використовуються дві частини з 1999 еталонного тесту, щоб пояснити реалістичність вирішуваних завдань. Залежно від технічних засобів і призначень системи, ці завдання будуть рахуватись десь від декількох годин до дня або двох. Один з ключів до оптимізації характеристики моделювання - створення сітки, яка буде обговорена пізніше в роботі.

Процес: Кування на молоті (Табл. 10.1).

Геометрія інструмента і заготовки задаються симетрією 1/2 частини.

Таблиця 10.1

Параметри процесу

Матеріал	DIN 41Cr4
Попередній нагрів	1300 ° C
Температура штампа:	90 ° C
час теплообміну	4 секунди
Енергія молота:	3.8e7 N-mm
Вага молота:	3000 N-s ² / mm
Затримка між ударами	0.5 секунди
Перший удар:	10% Макс. енергії
Другий удар:	25% Макс. енергії
Третій удар:	35% Макс. енергії
Четвертий удар:	45% Макс. енергії

Пояснення щодо кування на молоті:

Точне моделювання процесу вільного кування на молоті, вимагає достатньої кількості даних про прес і деякого налаштування розрахунку. Моделювання може бути спрощено, приймаючи швидкість штампа постійною. Це дасть хорошу інформацію про течію матеріалу, і може використовуватися, щоб оцінити необхідне зусилля, але не буде точно визначати кількість ударів, необхідних для виробництва деталі. У цій роботі процес буде спочатку налаштований з використанням допущення про постійну швидкість, потім будуть дані вказівки для моделювання повного процесу.

10.2 Створення нового завдання

Створіть нове завдання, назвіть її Link.

Назва операції: Steering Link

Активуйте теплопередачу і деформування, система одиниць SI

10.3. Завантаження геометрії об'єктів

Об'єкт 1: Заготовка: IDS_Link_Billet.stl

Об'єкт 2: Верхній штамп: IDS_Link_Top.stl

Об'єкт 3: Нижній штамп: IDS_Link_Bottom.stl

Заготовка пластична. Інструменти жорсткі.

10.4. Визначення сітки заготовки

Сітка поковки має найбільший вплив з усіх параметрів розрахунку на швидкість розрахунку. Груба сітка дозволить збільшити час розрахунку, але поверхнева точність геометрії буде неточною. Більша кількість елементів сітки збільшить поверхневу точність, але позначиться на швидкості розрахунку. Взагалі, особливості та дефекти, які мають той же самий порядок або менші ніж розмір елемента, будуть розраховані.

DEFORM™ -3D має два варіанти налаштування сітки:

1) Абсолютна сітка дозволяє користувачеві визначити розташування сітки. Загальна кількість елементів сітки буде визначено системою, але розподіл залишиться постійним.

2) Відносна сітка дозволяє користувачеві визначити загальну кількість елементів. Кількість елементів залишиться, відносно постійним, і поверхневий розподіл зміниться в процесі розрахунку.

Взагалі, абсолютна сітка дає кращі характеристики, тому що для бажаної точності, моделювання використовує менше елементів на початку, і додає елементи в міру необхідності, щоб зберегти точність. Обидва види сітки пропонують адаптивне автоматичне подрібнення сітки - більш дрібні елементи використовуються в областях, де потрібно більше точності.

10.4.1. Визначення щільності сітки для оптимальної точності

Загальне правило – визначати розміри елементу сітки по розмірах характерних елементів інструменту. В цьому випадку, критичні особливості - радіуси заокруглення. Ці заокруглення складають приблизно 2 мм. Щоб коректно обробити їх, мінімальний розмір елемента повинен бути приблизно 1/2 від цього розміру, або 1мм.

Після того, як обрана абсолютна сітка, **Минимальный размер элемента** 1мм, і **Коэффициент отношения** 3 повинні бути встановлені як параметри сітки для заготовки.

Вагові параметри встановлюють відносний вплив поверхневого викривлення, деформації, швидкості деформації, і температурного градієнта на визначення сітки. Більш високі параметри на викривленні дадуть краще граничний розподіл. Змініть **Весовые факторы** приблизно на 0.9 для **Кривизны поверхности** і 0.1 і для **Распределения деформации** для **Распределения скорости деформации**.

Спочатку створіть поверхневу сітку, а потім повну сітку для заготовки. Буде створена сітка, яка приблизно містить 45 000 елементів. При кожній перебудові сітки, певні абсолютні значення сітки будуть зберігатися, так що загальна кількість елементів збільшиться зі збільшенням геометричної складності поковки при деформуванні.

10.4.2. Грубе визначення сітки


Для швидкої перевірки перебігу розрахунку і навантаження, для заготівці може бути визначена груба сітка. Груба сітка не дасть максимального точного розрахунку, але це часто корисно для швидкої оцінки поведінку течії, оцінки навантаження і т.д. Для цього завдання прийнятний мінімальний розмір елемента 2 мм або трохи більший. З максимальним **коэффициентом отношения** 3, це дає найбільший розмір елемента 6мм. Об'єднання цих значень дає приблизно 10000 елементів.

10.5. Призначення температури об'єктів

Встановіть температуру заготовки 1300 °С і температуру штампів 90 °С. При моделюванні, температура штампів залишиться постійною – 90 °С. Так як їх температура не змінюється, сітка на штампах не потрібно.

10.6. Активація компенсації обсягу

Для заготовки натисніть кнопку  і встановіть активним **Целевой Объем (Target Volume)**.

Натисніть кнопку  для обчислення об'єму геометрії заготовки та об'єму сітки. В основному, об'єм сітки зазвичай менше, ніж об'єм геометрії. У разі використання об'єм геометрії як цільового об'єм DEFORM™ поступово буде нарощувати об'єм оброблюваної деталі до цільового. Використання об'єму сітки в якості цільового змусить DEFORM™ зберігати постійний об'єм. Використовуйте об'єм геометрії в якості цільового.

10.7. Призначення переміщення


Для спрощеного розрахунку, ми призначимо постійну швидкість верхнього штампа 150 мм/с в напрямку осі - Z. Також можна робити моделювання молота з повною теплопередачею між кожною операцією. Проведення повного розрахунку молота буде обговорено пізніше в цій роботі.

10.8. Призначення граничних умов

Моделюється тільки половина тяги рульового механізму. Щоб описати симетрію, ми повинні призначити граничне умова площині симетрії для кінця частини + x і теплообміну із середовищем до всіх поверхонь крім кінця частини + x.

10.9. Призначення умов зупинки

Розрахунок буде зупинений, коли частини двох штампів будуть перебувати на відстані 11 мм один від одного.

У вікні Параметри Розрахунку натисніть кнопку  **Остановка** і перейдіть на вкладку **Расстояние между инструментом**. Виберіть дві точки (як показано нижче) клацнувши їх у **окне Экран**. Задайте дистанцію по осі 11.0мм в якості

критерію зупинки (Рис. 10.1).

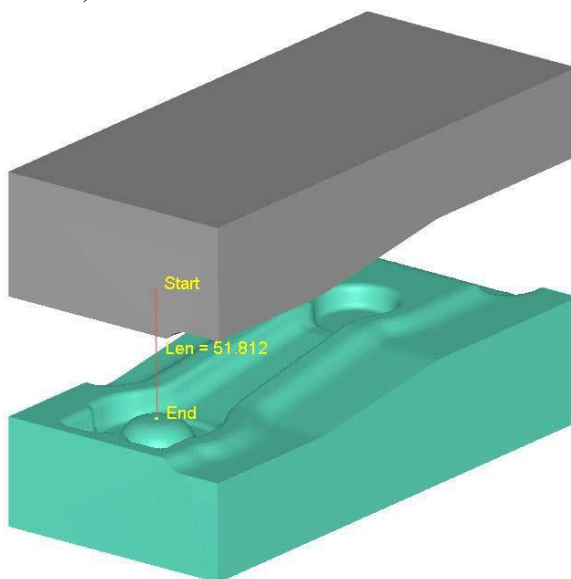



Рисунок 10.1. – Позиціювання об'єктів

10.10. Призначення параметрів кроку

Повний хід буде приблизно 40 мм. Для операції достатньо буде 200 кроків. Вибір цього числа не є критичним, тому що кількість кроків буде підлаштовуватися програмою при обчисленні деформацій.

Призначте значення хід/крок 0.2 мм/крок. Встановіть **Верхній Штамп** в якості **Головного інструменту**.

10.11. Імпорт даних матеріалу


У вікні **Матеріал** завантажте матеріал DIN41Cr4 з бібліотеки матеріалів. Після завантаження даних, температурні і пластичні дані можуть бути переглянуті за допомогою кнопки .

10.12. Призначення граничних умов взаємодії об'єктів

Оброблювана деталь повинна бути в контакті з двома частинами штампа. Використовуйте коефіцієнт тертя 0.3 (типовий для гарячого штампування), і коефіцієнт теплообміну 5 (типовий для одиниць СІ, коли штампи не розбиті). Не забудьте створити контактні граничні умови.

10.13. Запис бази даних і запуск розрахунку


Запишіть базу даних і запустіть розрахунок. Якщо Ваш комп'ютер

багатопроекторний, Ви можете задати кількість процесорів. З Головного вікна кнопка **Налаштування** Дозволить Вам активувати режим багатопроекторності натисканням на кнопку . Так само можливий запуск на багатокластерних системах. За поясненнями зверніться до документації DEFORM [1].

10.14. Перегляд і порівняння результатів

Запустіть розрахунок з грубою і дрібною сіткою. Порівняйте час розрахунку. У постпроцесорі порівняйте поверхневу точність.

Є кілька методів визначення величини заповнення штампа в постпроцесор.

Вузли, які контактують зі штампом можуть бути відображені вибором заготовки в **Дереві Об'єктів** і натисканням на кнопку  для перегляду контакту.

Області незаповнення можуть бути визначені відсутністю контакту. Розгляньте деталь на різних етапах, щоб побачити, що контакт присутній (Рис. 10.2).

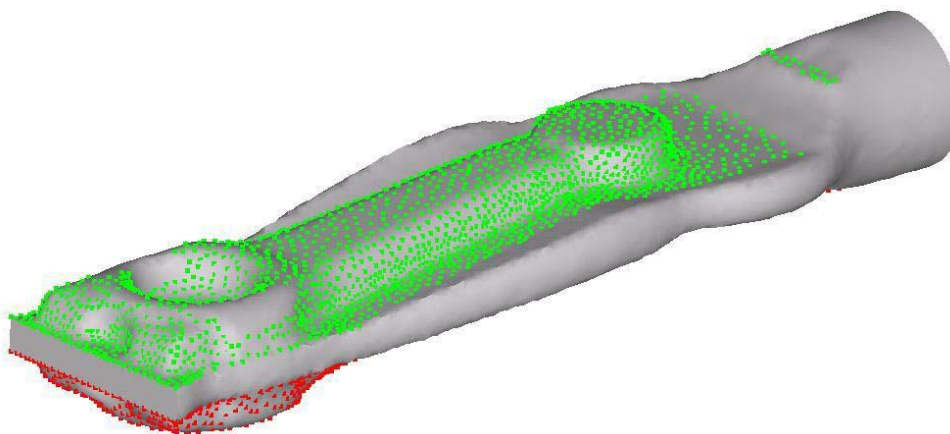



Рисунок 10.2. Контакт заготовки з деталлю

Щоб далі оцінити заповнення штампа, деталь може бути розрізана на частини. Натисніть кнопку , щоб відкрити вікно **Розріз**, потім клацніть по жовтій рамці навколо об'єктів і виберіть площину розрізу (Рис. 10.3).

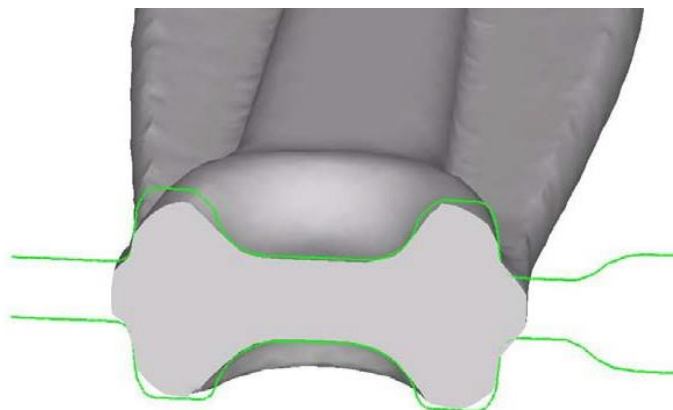


Рисунок 10.3. Заповнення ручая штампа

Зробіть розріз крізь "око" на деталі. Зверніть увагу на місця між штампом і деталлю.

10.15. Запуск розрахунку молота

Щоб запустити розрахунок моделювання молота з теплопередачою, моделюйте дії послідовно. Зверніться до попередніх лабораторних робіт для уточнення запуску розрахунку теплопередачі або деформації.

Розрахунок 1: Теплообмін. 4 секундна затримка.

Розрахунок 2: Перший удар. Енергія молота 10% від загального значення чи $3.8e6$. Використовуйте $1/2$ цього значення ($1.9e6$), і $1/2$ від значення маси (1500) так як за рахунок симетрії розглядається $1/2$ деталі. Ефективність удару 80%.

Розрахунок 3: Теплообмін. Відведіть верхній штамп вгору, задайте контакт і запустіть розрахунок теплообміну на $1/2$ секунди.

Розрахунок 4: Другий удар. Енергія молота 25% повного значення ($4.75e6/2$), маса $1500/2$.

Розрахунок 5: Теплообмін - як і в 3.

Розрахунок 6: Третій удар. Енергія молота 35% загальної ($6.65e6/2$), маса $1500/2$.

Розрахунок 7: Теплообмін - як і в 3.

Розрахунок 8: Четвертий удар. Енергія молота 45% загальної ($8.55e6/2$), маса $1500/2$.

Примітка:

Контроль дистанції зупинки повинен бути вимкнений. При розрахунку деформацій може бути використаний той же самий хід за крок (0.2mm), але при моделюванні теплообміну має використовуватися час 0.1 секунда/крок.

Контрольні запитання

- 1) Як визначити щільність сітки скінчених елементів заготовки?
- 2) Що таке ручай штампуги?
- 3) Чому на Вашу думку штампування на молоті відбувається за декілька ударів?
- 4) Чи потрібно враховувати теплопередачу між інструментом та поковкою при моделюванні штампування на молоті?
- 5) Як на вашу думку слід вибирати величину скінченного елемента для задач, прикладом яких є задача в даній лабораторній?
- 6) Чому в цій лабораторній роботі потрібно використовувати $\frac{1}{2}$ енергії молоту та маси частин, що падають?

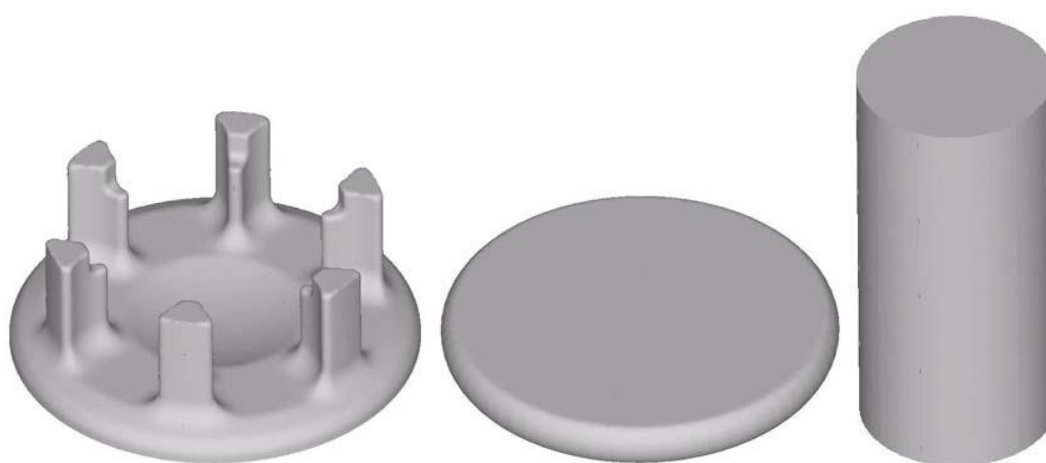
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11

ТРИМАЧ

Мета роботи: навчитись робити постановку задачі деформування на кривошипному гаряче-штампувальному пресі в препроцесорі програми.

11.1. Вступ

Це - Друга лабораторна робота, заснована на реальній практиці промислового німецького Еталонного тесту 1999 Асоціації Кування. У цій частині показується розрахунок реального завдання. Залежно від технічних засобів і параметрів налаштування системи, це завдання буде триватиме від декількох годин до дня.



Процес: Кування на механічному пресі

Геометрія інструмента і заготовки дається для 1/12 (30⁰) частини.

Таблиця 11.1

Параметри процесу

Заготівка	Діаметр - 31.5мм, Висота - 67мм
Матеріал	DIN C35
Попередній нагрів:	1230C
Температура штампа:	80C
Перенесення від печі:	7 секунд
Затримка на штампі:	0.7 секунди
Перша операція:	Осаджування да 9.5мм
Перенесення до другого штампу:	3 секунд
Друга операція:	Кування

11.2. Планування розрахунку

Два переходи кування з відносно довгою затримкою між піччю і пресом. Перша операція є простою і навряд чи викличе труднощі. Друга операція складніша, і результати набагато важче передбачити, що робить розрахунок досить корисним. Є три можливих варіанти моделювання процесу:

Повний розрахунок в 3D, включаючи теплообмін, осаджування і заключну операції. Це прямий розрахунок, і точно розраховує температуру і напружень в поковці.

Розрахунок осадження у 2D, перенесення даних в 3D, розрахунок витягування в 3D. 2D операції просто налаштовуються і вирішується дуже швидко. Перенесення даних в 3D вимагає використання утиліти конвертації з 2D в 3D, яка поставляється з DEFORM™. Як і повний розрахунок в 3D, цей метод точно розраховує температуру і розподіл напружень в поковці.

Створення геометрії осадженої деталі в CAD-системі і розрахунок тільки другої операції. Цей метод швидкий, і вимагає меншої кількості часу ніж повний розрахунок, але температура і розподіл напружень не буде правильним, невідповідності позначаються на розрахунку зусилля, і в деяких випадках можуть вплинути на поведінку течії матеріалу.

Для цього завдання ми використовуємо повний розрахунок в 3D (Рис. 11.1).

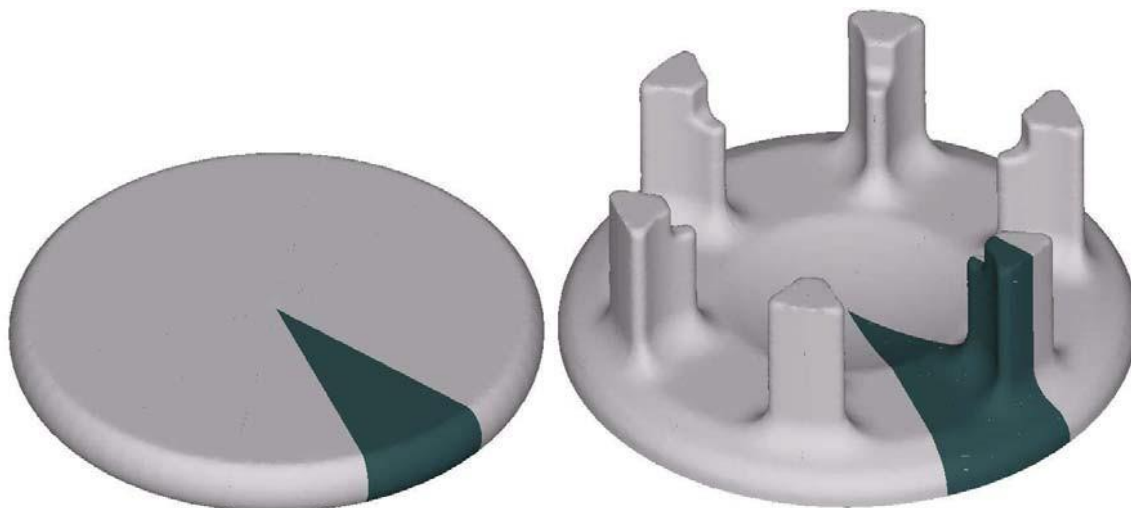


Рисунок 11.1 - 1\12 частина заготовки та штамповки

11.3. Створення нового завдання

Створіть нове завдання, назвіть її Gear_Carrier.

Назва розрахунку: Gear Carrier

Назва операції: Furnace Transfer (Перенесення від печі) Номер операції: 1

Включений тільки теплообмін

11.4. Завантаження геометрії об'єктів

Об'єкт 1: Заготовка: IDS_GC_Billet.stl

Об'єкт 2: Верхній штамп: IDS_GC_Upset_Top.stl

Об'єкт 3: Нижній штамп: IDS_GC_Upset_Bot.stl

Заготовка пластична, штамп - жорсткий.

11.5. Сітки заготовки

Для точного розрахунку ми повинні забезпечити мінімум 10 елементів по товщині виробу. Так як в кінці процесу товщина виробу 9,5 мм, розмір найбільшого елемента повинен бути близько 1 мм.

Установка вагових факторів сітки:

кривизна поверхні	0.9
температура	0.0
розподіл деформацій	0.1
Розподіл швидкостей деформацій	0.1

Для початкової сітки на недеформованій заготовці, для опису геометрії було б досить сітки з розмірами всіх елементів 1mm. Розбийте заготовку, використовуючи абсолютну сітку з **Максимальный размер элемента** = 1mm і **Коэффициент отношения** = 1. Ці параметри налаштування зберігають кількість елементів спочатку моделювання, коли геометрія відносно проста.

Пізніше в розрахунку, коли геометрія стає складнішою, **Коэффициент отношения** 1 не буде достатньо для точного опису геометрії. Після того, як початкова тверда сітка згенерована, змініть **Коэффициент отношения** на 3, але не створюйте нову сітку. Програма буде використовувати ці нові параметри налаштування (**Коэффициент отношения** = 3, **Минимальный размер элемента** = 0.33mm, **Максимальный размер элемента** = 1mm) під час регенерації сітки заготовки в ході розрахунку, це дозволить більш точно описувати геометрію деформованої заготовки.

11.6. Визначення граничних умов заготовки

Деформації: Для кожної з двох площин симетрії заготовки застосуйте граничну умову **Плоскость Симметрии**

Теплообмін: Призначте граничну умову **Теплообмен Со Средой** для всіх

поверхонь, виключаючи площини симетрії.

11.7. Визначення температури заготовки

Встановіть температуру заготовки 1230° С. Встановіть температуру штампа 80° С.

11.8. Завантаження дані матеріалів

Імпорт DIN-C15 з бази даних матеріалів (Категорія Сталі).

11.9. Переміщення верхнього штампа

Деталь формується на механічному пресі з ходом 270мм і швидкістю 85 хід/хв (1.4 хід/с). Загальний хід буде дорівнювати поточній висоті заготовки (67мм) мінус кінцева висота заготовки (9.5мм), або 57.5мм. Також, цей прес має шатун, довжина якого становить 1500мм.

Для верхнього штампа, встановіть переміщення як **Механический пресс** з параметрами, показаними нижче (Рис. 11.2). Цього достатньо для визначення контролю переміщення в ході початкового налаштування задачі, навіть при тому, що вони не будуть використовуватися до операції осаджування.

Перемещение | Вращение

Тип

☐ Скорость ☐ Молот ☒ Механич. пресс ☐ Sliding die

☐ Усилие ☐ Винтовой пресс ☐ Гидравлич. пресс

Направление

☐ X ☐ Y ☐ Z ☐ Другое ☐ -X ☐ -Y ☒ -Z

Current stroke 0 0 -482.5 mm

Specification / Control(s) | Secondary control(s) | Elastic losses

Press type

☒ Crank ☐ Knuckle or wedge

Total stroke 270 mm

Forging stroke -212.5 mm

Stroke per sec 1.4

Connecting-rod length 1500 mm (optional)

Рисунок 11.2. – Параметри обладнання для кування

11.10. Призначення параметрів розрахунку

Для розрахунку встановіть 14 кроків, 0.5 сек/крок. **Через скільки шагов
сохранять = 2.**

11.11. Запуск операції перенесення від печі

Створіть базу даних і запустіть розрахунок.

11.12. Запуск операції затримки

11.12.1. Установка параметрів розрахунку

Назва операції: Dwell (Затримка)

Номер операції: 2

Встановіть для розрахунку 7 кроків, 0.1 секунди за крок.

11.12.2. Позиціонування заготовки

Після завершення операції перенесення від печі, перемістіть заготовку вниз до контакту на нижній штамп.

11.12.3. Призначення контакту між об'єктами

Так як заготовка не взаємодіяла зі штампами протягом перенесення від печі, ніякі граничні умови між об'єктами не були визначені. Тепер необхідно визначити задані за замовчуванням контакти між об'єктами. Так як активована тільки Теплопередача, може бути змінена тільки вкладка **Термпературные**. Використовуйте меню, що випадає, щоб встановити Free resting як коефіцієнт теплообміну (в одиницях CI) для контакту заготовка-нижній штамп. Створіть контакт.

Створіть базу даних і запустіть розрахунок.

11.13. Запуск операції осаджування

11.13.1. Установка параметрів розрахунку

Назва операції: Upset (Осаджування)

Номер операції: 3

Активуйте **Деформирование**, так щоб також був активний

Теплопередача. Встановіть в якості Головного інструменту Верхній Штамп.

Для простої операції осаджування, адекватно приблизно 100 кроків. Хід буде 57.5mm.

Налаштуйте розрахунок для 120 кроків, 0.5 мм/крок і збереження кожного 10-го кроку.

Коли був встановлений контроль переміщення, передбачалося, що прес був 212.5mm в 270mm хід. Через це станеться переміщення на 57.5 мм перш, ніж відбудеться зупинка. Встановіть для Головного інструменту критерій зупинки по переміщенню 270мм в напрямку осі Z, яке зупинить розрахунок, коли механічний прес досягне нижньої мертвої точки.

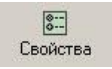
11.13.2. Позиціонування Верхнього Штамп

Розташуйте Верхній Штамп так, щоб він контактував з верхньою частиною заготовки.

11.13.3. Перегляд контакту між об'єктами

Для обох відносин, призначте коефіцієнт тертя **Hot forging (lubricated)** (Гаряче ковання) 0.3 і коефіцієнт теплообміну **Forming (Формовка)** 5. Створіть контакт між заготовкою і штампами.

11.13.4. Активація контролю об'єму

Натисніть кнопку  Свойства для заготовки активуйте **Целевой Объем (TargetVolume)** (Рис. 11.3). Використовуйте об'єм геометрії в якості цільового, і встановіть компенсацію протягом перерозбивки сітки.

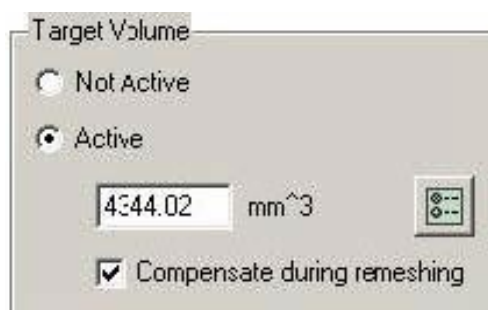


Рисунок 11.3. – Параметри компенсації похибки об'єму при моделюванні

Створіть базу даних і запусіть розрахунок

11.14 Запуск операції перенесення

Назва операції: Transfer2 (Перенесення 2) Номер операції: 4

Після першої операції деформування, змодельймо перенесення до другого штампу. Повний час - 3 секунди. Використовуйте 6 кроків, 0.5 с/крок. Запишіть базу даних і запустіть розрахунок.

11.15. Запуск другої операції деформування

Назва операції: Finish (Заключна)

Номер операції: 5

Для другої формувальної операції необхідно імпортувати нову геометрію інструментів: Верхній: IDS_GC_Finish_Top.STL

Нижній: IDS_GC_Finish_Bot.STL

Для кожної геометрії визначте дві площини симетрії на вкладці **Поверхности симметрии** кнопки **Геометрия**.

Скиньте управління переміщенням і встановіть нові параметри розрахунку. Для складної операції деформування розумним є 200 кроків. Встановіть для зупинки навантаження 1.0×10^6 N.

Створіть базу даних і запустіть розрахунок.

Контрольні запитання

- 1) Чому в цій задачі використовували площини симетрії? Чи впливають площини симетрії на якість розрахунку?
- 2) Для чого тут використовують функцію «компенсації об'єму заготовки»?
- 3) На якому обладнанні виконується дана операція? Чи можна отримати деталь на іншому обладнанні? Якому?
- 4) Яким чином визначається хід основного інструменту в лабораторній?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12 ОБТИСНЕННЯ (ПРОТЯГУВАННЯ)

Мета роботи: навчитись працювати в модулі програми DEFORM «Протяжка на молоті»

12.1. Вступ

Майстер «Протяжка на молоте» використовується для створення основних файлів і ключових файлів заготовки, штампа та маніпулятора, для запуску типового розрахунку обтиску/протяжки. Він може бути запущеним з основної програми, як показано на Рис. 12.1.

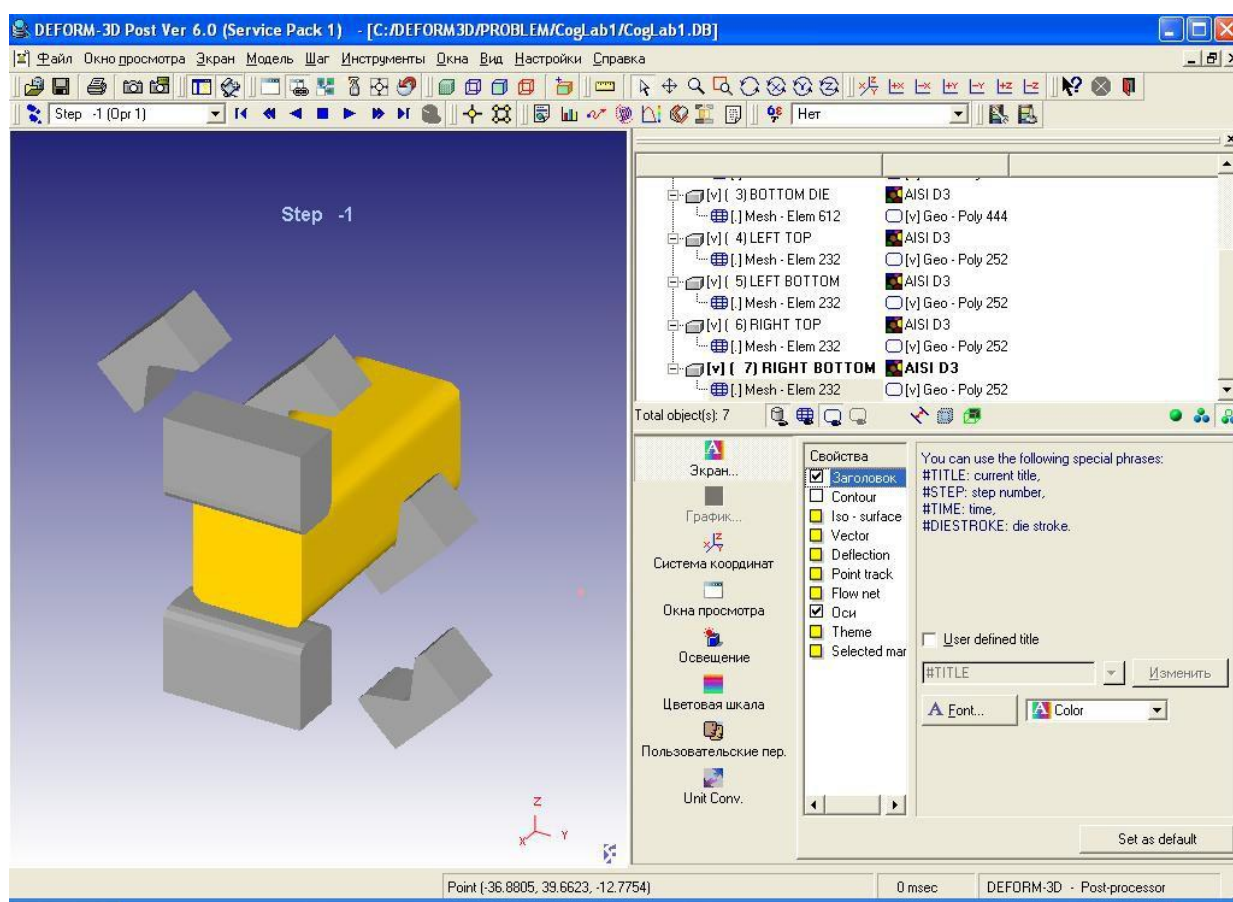


Рисунок 12.1. - Головне меню

12.2. Налаштування задачі

Існує 2 шляхи для запуску нового завдання. Якщо Ви вже вибрали свою папку завдань, просто натисніть опцію **Обтиснення (cogging)** (Рис 12.1), це створить завдання з деяким ім'ям в обраній папці. Якщо Ви хочете створити нову папку натисніть кнопку створення нового завдання. З'явиться вікно типових завдань (Рис. 12.2).

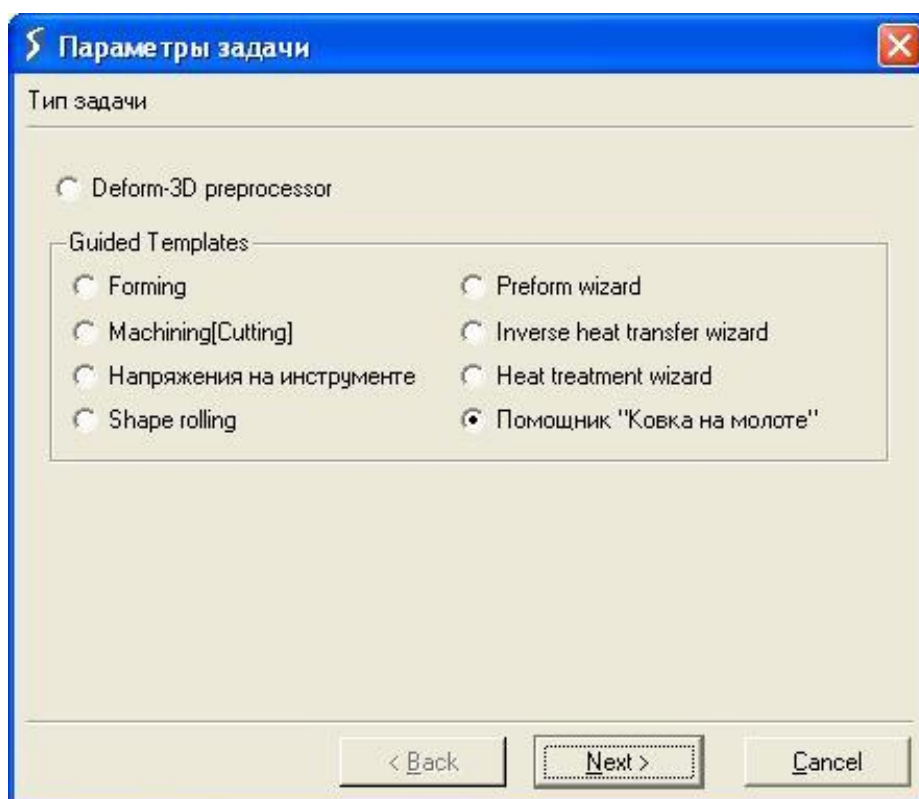


Рисунок 12.2. - Тип задачі

Виберіть **Помощник «Ковка на молоте»** і натисніть кнопку **Далее (Next)**. З'явиться вікно розташування завдання (Рис. 12.3).

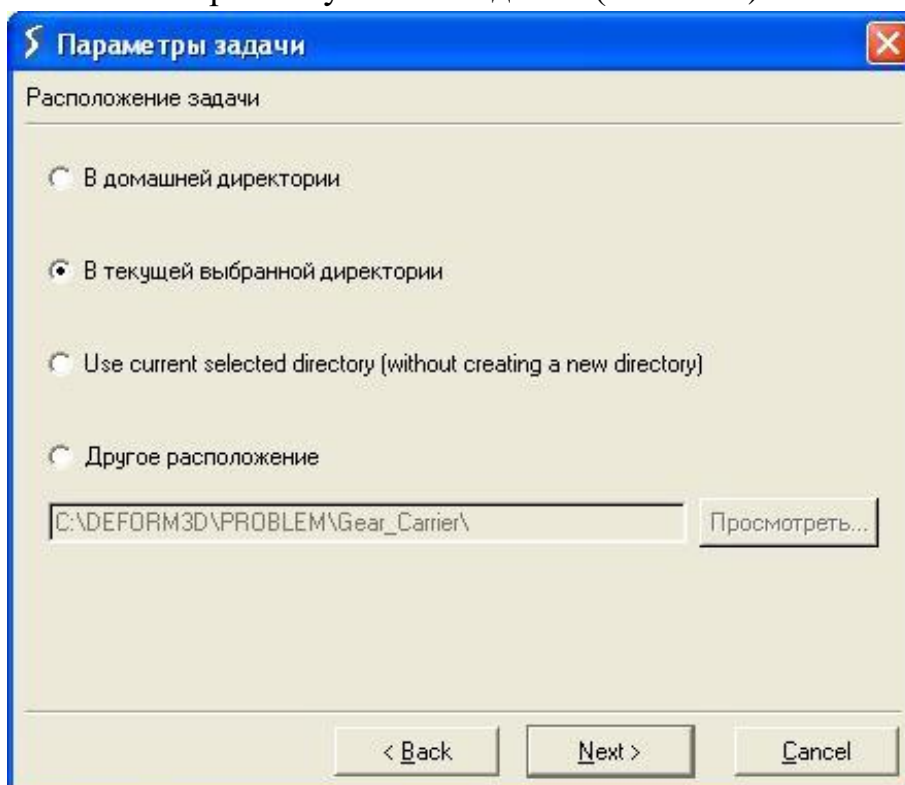


Рисунок 12.3. - Розташування задачі

Виберіть необхідний параметр і натисніть кнопку **Next**. Вас попросять вказати назву завдання (Рис. 12.4).

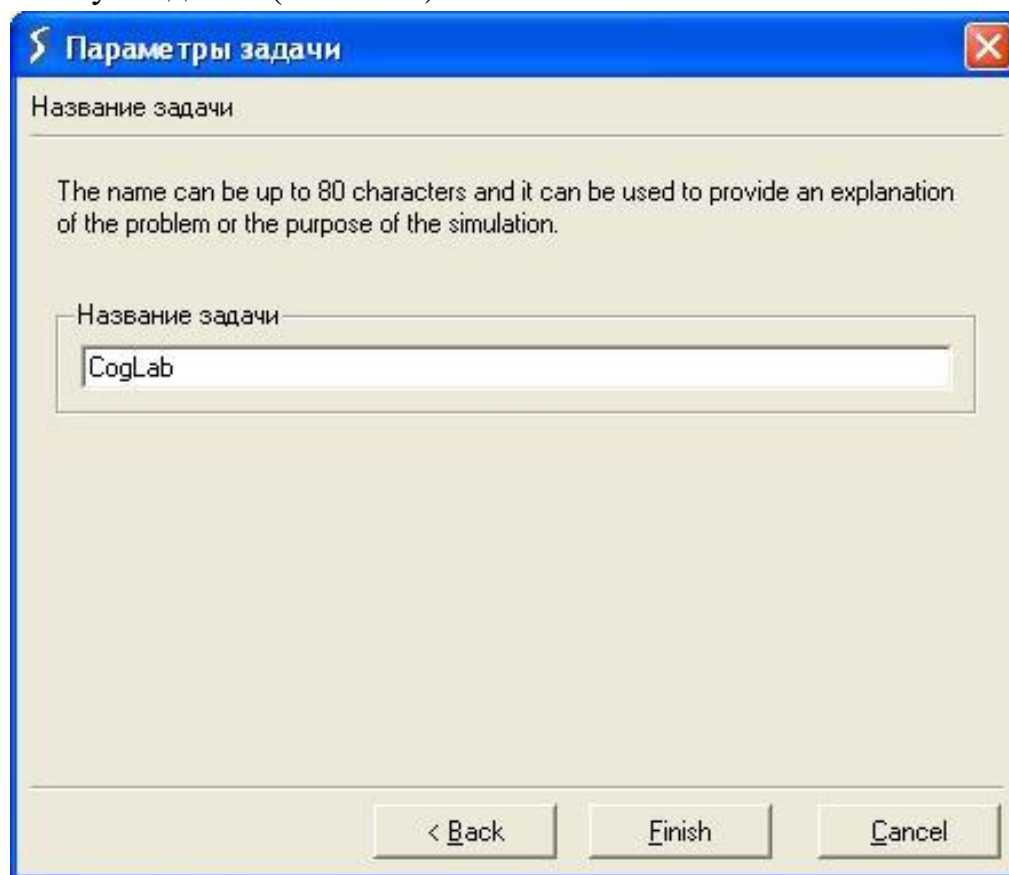


Рисунок 12.4. - Назва задачі

Введіть назву завдання (наприклад, CogLab) і натисніть **Finish** (Завершити). Буде запущений майстер обтиснення. Файлв майстра (також названі файли **Данных Мастера** (Master Data File) - MDT) головний фал- MST (для запуску розрахунку обтиску) будуть збережені як CogLab.MDT і CogLab.MST відповідно (якщо задача називається CogLab).

12.3. Створення даних для розрахунку

Спочатку необхідно вибрати одиниця виміру (Англійські або СІ, Рис. 12.5); це встановить кілька значень за замовчуванням для завдання обтиску. Виберіть **англійські** одиниці для цієї роботи.

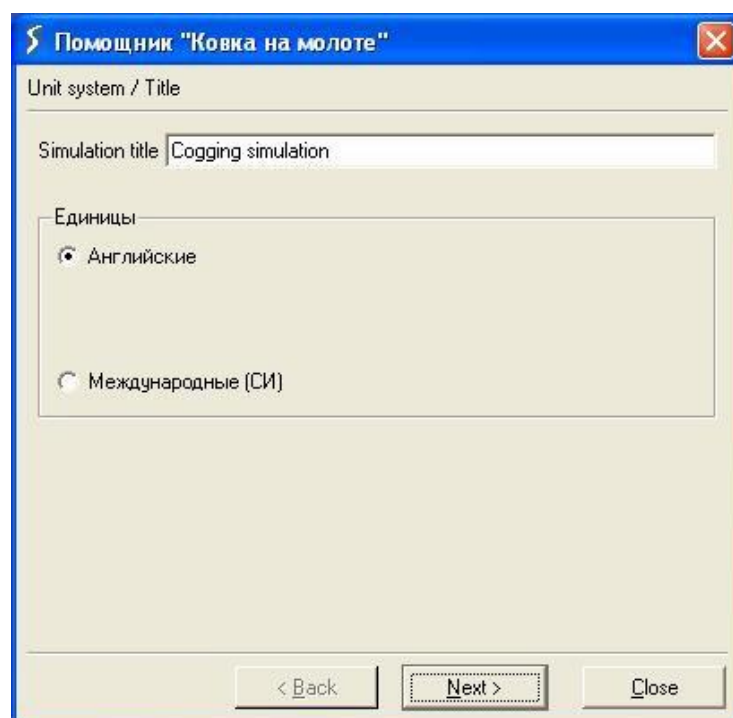


Рисунок 12.5. – Одиниці вимірювання

Перейдіть у вікно **Условия процесса** (Рис. 12.6). Ви можете вирішити, чи хочете ви використовувати маніпулятори щоб тримати заготовку (або застосовувати граничні умови для тримання заготовки) та різні допуски.

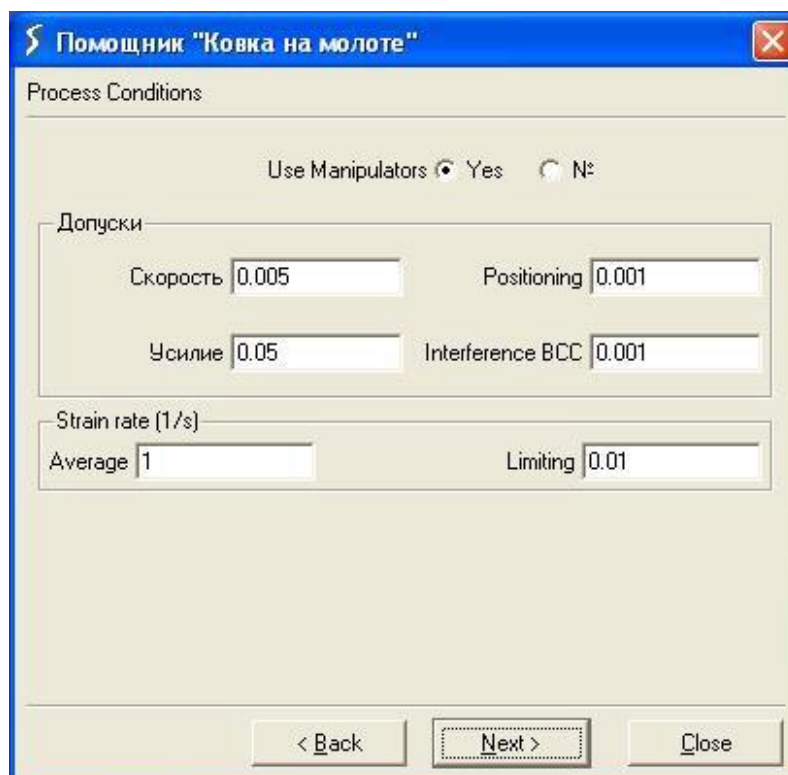


Рис 12.6. - Умови процесу

Збережіть значення за замовчуванням і перейдіть у вікно заготовки (Рис 12.7 (а) та (б)).

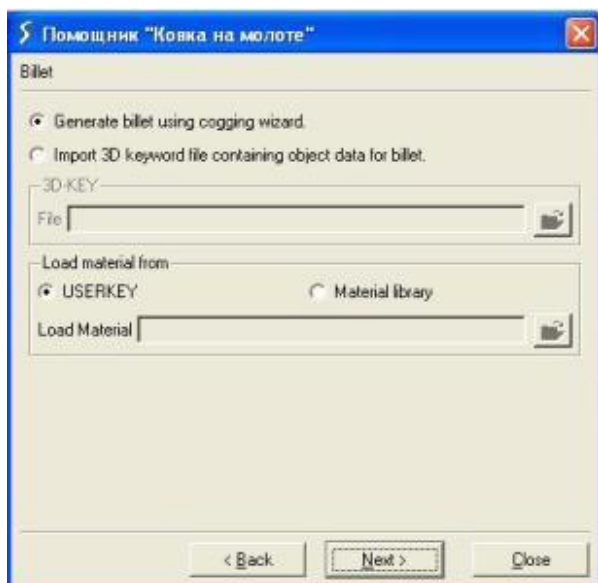


Рисунок 12.7(а). - Заготовка

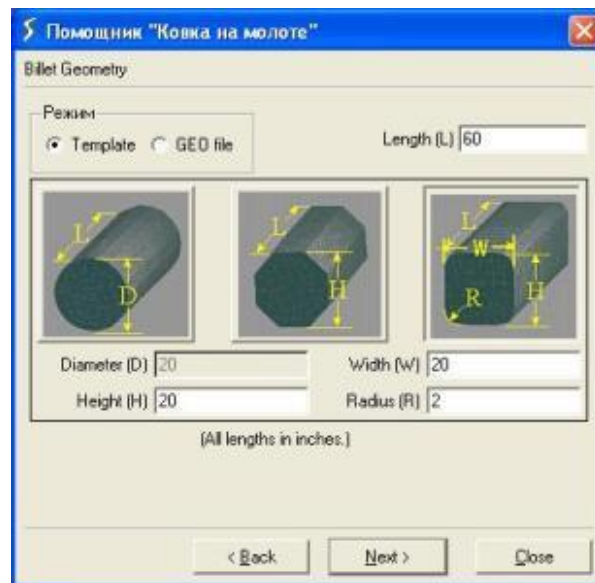


Рисунок 12.7(б). - Геометрія заготовки

Сітка заготовки може бути створена в майстрі (цегляна сітка), або користувач може імпортувати 3D- ключовий файл, який містить сітку. Для цієї роботи ми створюємо заготовку, використовуючи майстер. В цьому майстрі створення сітки скінчених елементів була додана нова можливість (тільки інтерфейс QT, а не Motif), яка дозволяє користувачам додавати матеріал з "бібліотеки матеріалів DEFORM". До теперішнього часу єдиний спосіб призначення матеріалу був у використанні для користувача ключового файлу "USER_HT.KEY". Якщо Ви вибираєте завантаження матеріалу з бібліотеки матеріалів під час створення Головного файлу, майстер також створює "CogBilMaterial.KEY" для матеріалу заготовки. Подібне було зроблено для штампів і Маніпуляторів. Користувачеві необхідно мати файл USER_HT.KEY в папці завдання, так як він зчитується на кожній операції. Головна мета цього - забезпечити користувача засобом зчитування ключового слова операції. Якщо Ви хочете використовувати всі дані про матеріали з бібліотеки матеріалів і не використовувати ключові слова операції на кожній операції, тоді в папці завдання необхідно розмістити порожній файл USER_HT.KEY. У цій роботі ми будемо використовувати опцію ключового файлу користувача для матеріалу заготовки. Скопіюйте USER_HT.KEY в каталог вашого завдання з папки "лабораторних робіт".

У вікні **Геометрія Заготовки** (Рис. 12.7 (б)), виберіть **round cornered rectangle** (прямокутник з округленими вершинами) в якості поперечного

перерізу і введіть висота/ширина 20, довжина 60 і радіус заокруглення 2. Перейдіть у вікно **Сетка Заготовки** (Рис. 12.7 (в)) і введіть 100 елементів сітки, 1 для коефіцієнта масштабування і 14 для кількості шарів. Натисніть кнопку **Generate Mesh**.

Після того як сітка заготовки створена, зайдіть у вікно **Параметры Заготовки** (Рис. 12.7(г)) і введіть температуру заготовки 1500 °F. Після визначення параметрів Заготовки перейдіть до штамів (Рис 8а). Вікна **Геометрія Штампа** (Рис. 12.8(б)) і **Сітка Штампа** (Рис. 12.8(в)) подібні відповідним вікнам Заготовки.

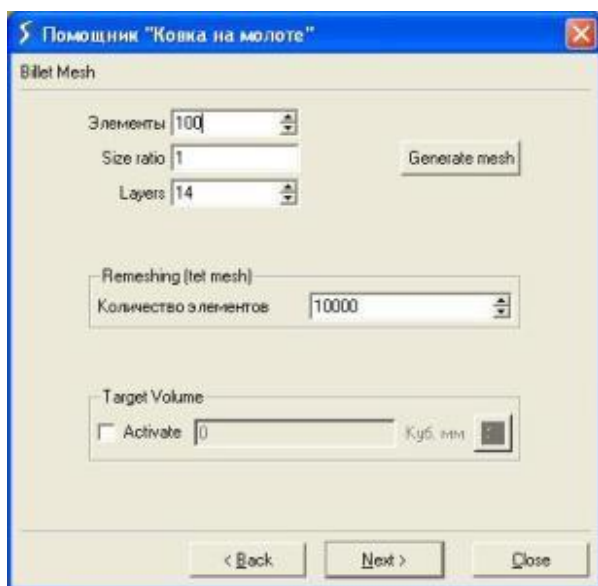


Рисунок 12.7(в). - Сітка заготовки

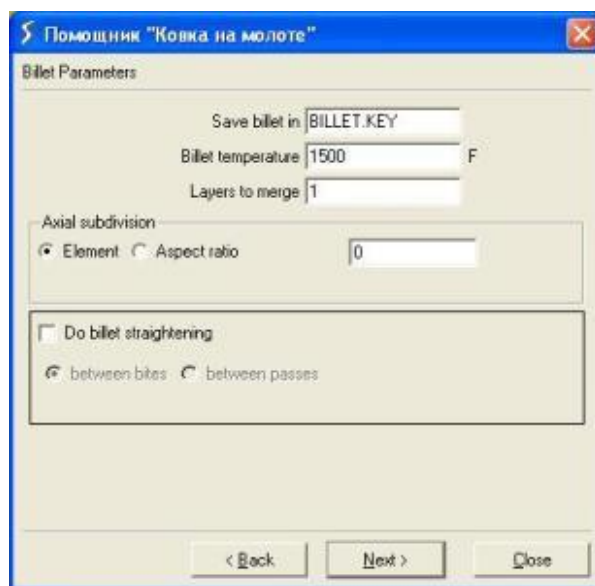


Рисунок 12.7 (г). - Параметри заготовки

Ми створюємо штамп безпосередньо в майстрі. У вікні **Геометрії Штампа** (Рис. 12.8(б)), введіть довжину 25, ширину 15, висоту 15 і радіус заокруглення 2. Створіть сітку (Рис. 12.8(в)), використовуйте 100 елементів, коефіцієнт масштабування 1 і кількість шарів 7.

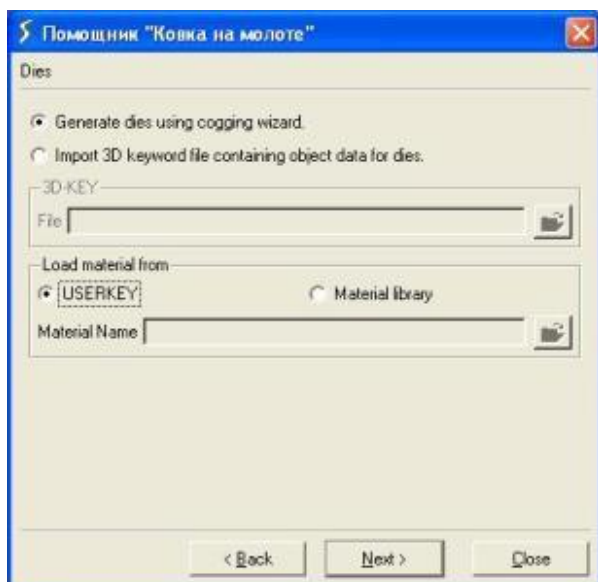


Рисунок 12.8(а). - Штмп

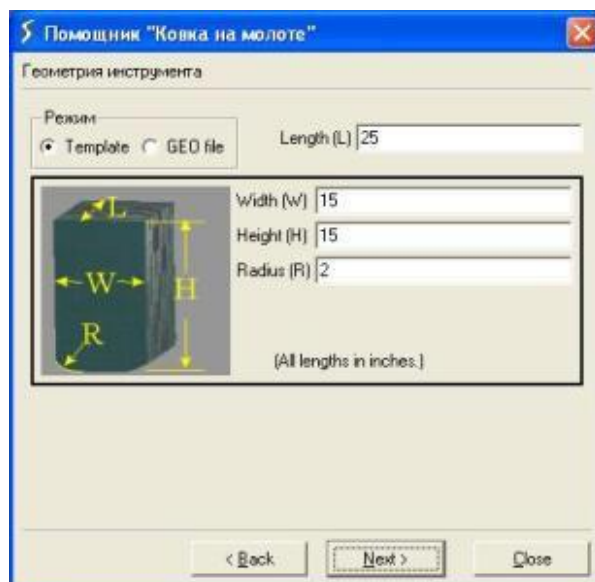


Рисунок 12.8(б). - Геометрія штампа

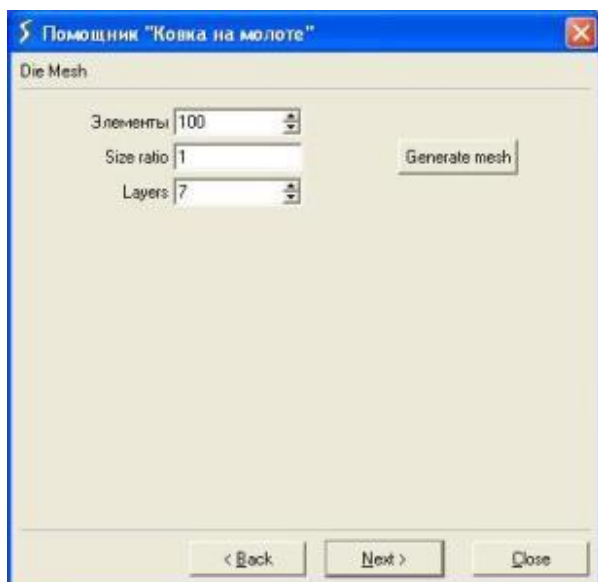


Рисунок 12.8(в). - Сітка штампа

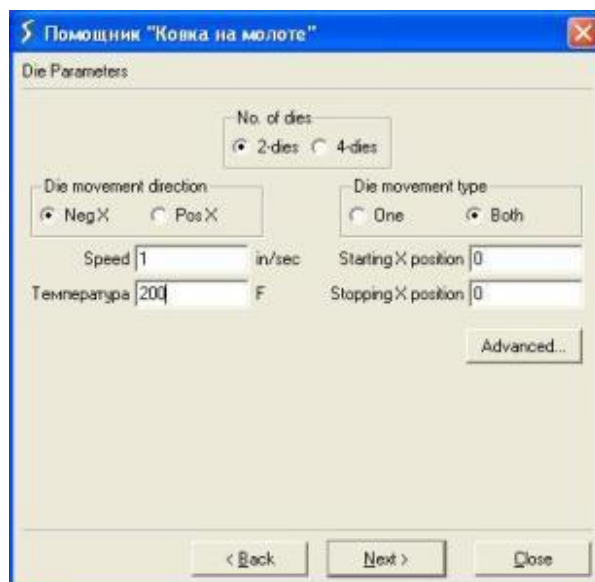


Рисунок 12.8(г). - Параметри штампа

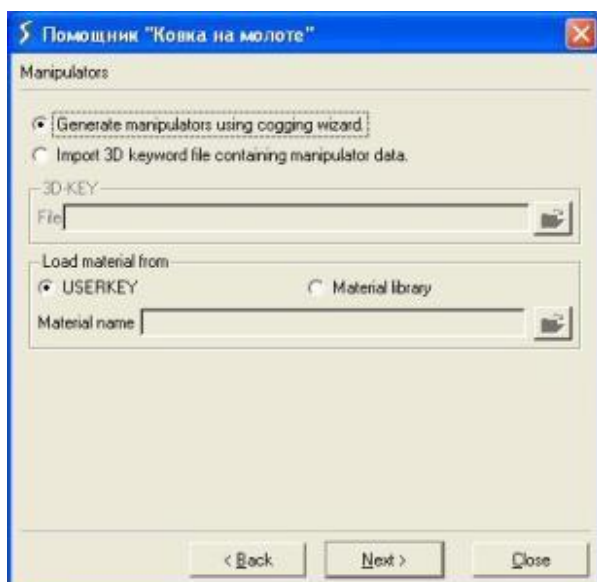


Рисунок 12.9(а). - Маніпулятори

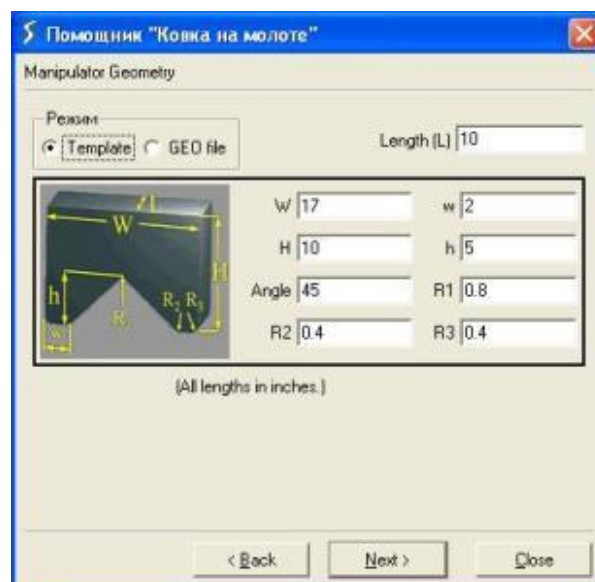


Рисунок 12.9(б). - Геометрія маніпулятора

Вікно параметрів штампа має кілька опцій. Чи хочете Ви зробити нормальне обтиснення з 2 штампами або GFM (4 штампа). Бічне переміщення штампа для першого проходу знаходиться на негативній осі X (від лівого кінця заготовки до правого кінця) або позитивної осі X. Рухається штамп чи поперечно назад і вперед або тільки в одному напрям (тип переміщення штампа). Залиште значення за замовчуванням. Якщо Ви хочете встановити бічний напрямок для кожного проходу, тоді виберіть тип переміщення штампа як "Один" та потім встановіть напрямок як кількість проходу (буде пояснено пізніше). Змініть швидкість штампа на **1 дюйм/с** і температуру **200 °F**. Збережіть початкове і кінцеве положення X як 0, так що штампи будуть проходити від одного кінця до іншого (тобто середня лінія штампа співпадає з кінцем заготовки для першого захвату. Якщо Ви вказуєте вихідну позицію, як 0.5 тоді перший захват буде на половині довжини заготовки. Виберіть налаштування за замовчуванням в вікнах Геометрія Маніпулятора і Сітка (Рис 12.9, а-г).

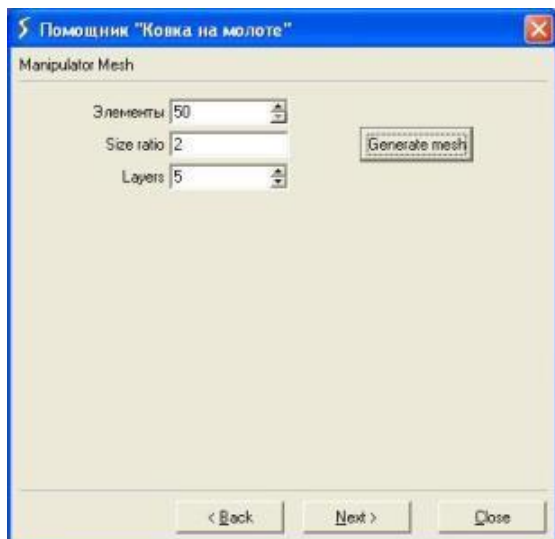


Рисунок 12.9 (в). - Сітка
маніпулятора

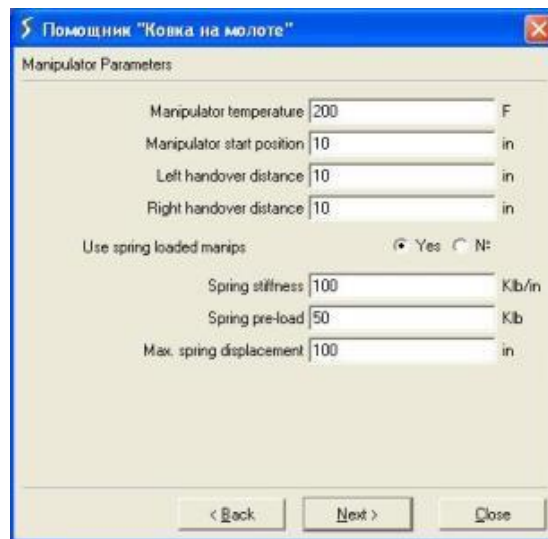


Рисунок 12.9 (г). - Параметри
маніпулятора

У вікні параметри маніпулятора введіть температуру **200 °F** і початкову позицію маніпулятора **10 дюймів**. Стартова позиція маніпулятора - фактична відстань маніпулятора від кінця заготовки. Це не теж саме що і початкове та кінцеве положення штампа по осі X, яка фактично є відношенням відстані між центральною лінією штампа і кінцем заготовки до довжині заготовки. Використовуйте всі інші параметри за замовчуванням. Використання пружини, яка навантажує маніпулятори, обмежить бічне переміщення заготовки та забезпечить пружині зворотну дію.

Далі з'явиться вкладка списку операцій. Коли Ви дійдете до вкладки списку операцій, за замовчуванням Ви будете бачити один підігрів з одним проходом і одним захопленням (Рис. 12.10).

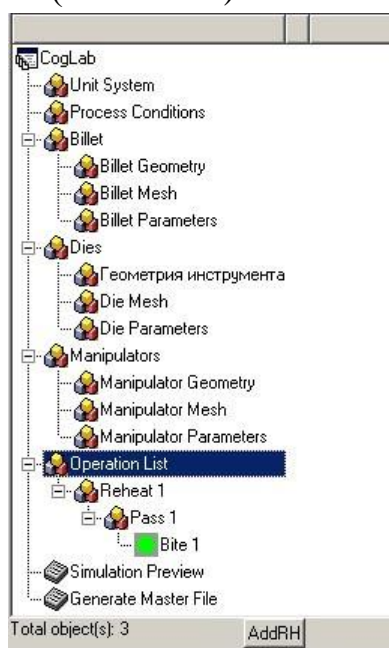


Рисунок 12.10. - Список операцій

Ви можете додати Підігрів використовуючи кнопку "**AddRH**" на панелі інструментів (тільки нижче дерева операцій). Якщо Ви натисніть на **Reheat 1** (в дереві операцій) панель інструментів зміниться для додавання різних операцій в один підігрів (Рис. 12.11). Ви можете додати операції **Heat In (HIn +)** / **Furnace Reheat (Reheat +)** / **Heat Out (HOut +)** так само як проходи (**Pass +**) до підігріву.



Рисунок 12.11. - Операція підігріву

У цій роботі, ми будемо використовувати тільки один Підігрів з двома проходами, і ми будемо використовувати розрахунок автозахвату. Додайте тільки один Прохід використовуючи "**Pass +**", якщо клацнути на Проході 1 (**Pass1**) (Рис.12.12).

Пояснення. Щоб заощадити час для установки даних кожного проходу Ви можете визначити перший прохід і потім додавати наступний прохід. Це скопіює всі дані від першого проходу в наступний).

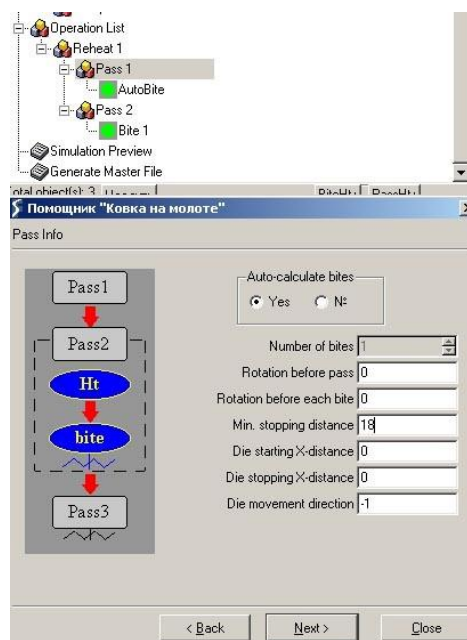


Рисунок 12.12. - Операція проходу

Ви побачите що дані пов'язані з проходом. Встановіть **Auto-calculation of bites** (Автоматичне визначення захоплення) як "**Yes**" і задайте **Min. stopping**

distance (Мінімальна відстань зупинки) як **18** дюймів. Переміщення інструменту **"-1"** говорить про негативний напрямок в напрямку осі **X**. Збережіть всі інші налаштування за замовчуванням. Додайте **Bite Heat**, використовуючи **"BiteHT +"**. Натисніть на операцію **"Bite Heat"**, введіть **10** кроків розрахунку **of simulation steps, 500** для приросту кроку для збереження (це збереже тільки негативний і останній кроки). Введіть тривалість процесу **5 секунд і коеф. теплообміну 0.004**, ключовий файл - **USER_HT.KEY**.

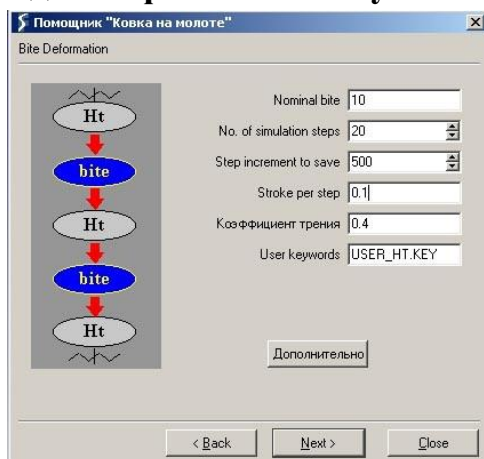


Рисунок 12.13(а). - Операція захвату

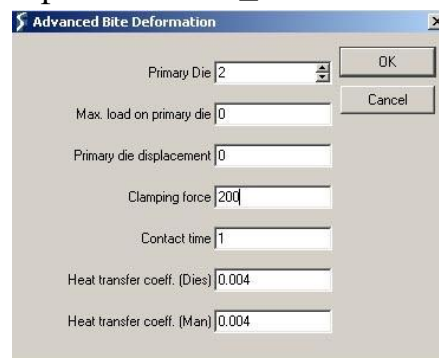


Рисунок 12.13(б). - Додаткова інформація о захваті

У вікні **Bite Deformation** (Рис 12.13, а), введіть **10** для початкового захоплення, **20** для кількості кроків і **500** для приросту кроку для збереження (в базі даних будуть збережені негативний і останній кроки). Введіть **0.1** для ходу за крок і **0.4** для тертя. Для інших параметрів залишимо значення за замовчуванням. Якщо ви натиснете на кнопку **Advanced** (Додатково) у вікні з'явиться коеф. теплообміну, різні критерії зупинки, такі як макс. навантаження на основний інструмент, переміщення головного інструменту і т.д., і нові параметри - **Clamping force** (Сила затиску) (за замовчуванням **0** (Рис. 13б)). Якщо Ви встановите Силу затиску (наприклад 100 klbs) і якщо Ви використовуєте маніпулятори, тоді програма здійснить додаткову операцію затиску, в якому маніпулятор буде пробувати захопити заготовку. Ця можливість додана для створення кращого контакту між маніпулятором і заготовкою і уникає будь-якого дефекту елементів сітки заготовки протягом захоплення. У цій роботі ми не будемо включати затиск. Для другого проходу Ви можете змінити обертання перед проходом на **90**, з усіма іншими параметрами теж саме що і для **проходу 1**. Як тільки Ви визначили всі дії, Ви можете зайти в попередній перегляд розрахунку (Рис. 12.14) (натиснувши на останню операцію і потім натиснувши кнопку далі). Попередній перегляд розрахунку покаже Вам приблизне число операцій і приблизне положення кожного об'єкта на кожній операції.

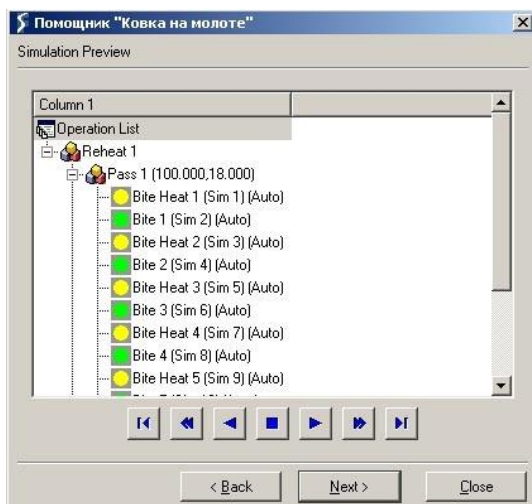


Рисунок 12.14. - Пре-перегляд розрахунку

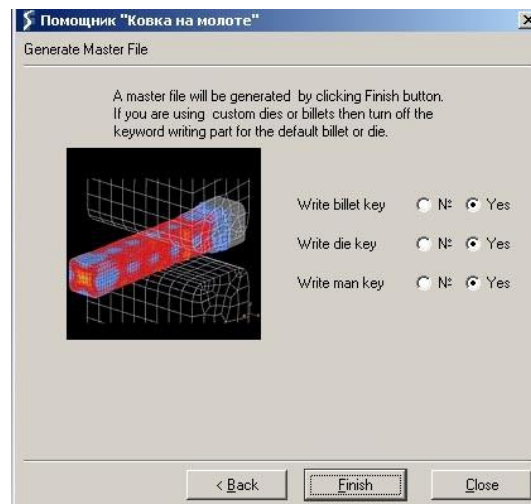


Рисунок 12.15. - Створення файлів

Натисніть кнопку **Далі** у вікні **Попередній перегляд** розрахунку для переходу у вікно створення Майстер-файлу. Коли Ви натиснете на кнопку **Finish** (Завершити) буде створений Майстер файл разом з ключовими фалами Заготовки, Инструменту і Маніпулятора (якщо Ви виберіть опцію **Yes** для всіх). Так само буде збережений MDT-файл, який може бути знову завантажений в майстер обтиску. (Якщо Ви маєте вручну зроблені ключові файли для інструменту або заготовки назвіть їх BILLET.KEY і DIE1-2-3-4.KEY і встановіть NO для запису ключових файлів Заготовки/Инструменту.)

Коли створення файлів завершено, ми можемо вийти з майстра

12.4. Запуск розрахунку

Як тільки Ви створили дані для розрахунку з використанням майстра Обтиску, будуть створені такі файл (в додатку до деяких інших файлів):

- ☐ CogLab.MST, CogLab.MDT ☐
- ☐ BILLET.KEY ☐
- ☐ DIE1.KEY, DIE2.KEY (DIE3.KEY & DIE4.KEY (для випадку кує ротора з 4 інструментами.) ☐
- ☐ MAN1.KEY, MAN2.KEY, MAN3.KEY, MAN4.KEY ☐
- ☐ SPRING.INI (в разі навантаження маніпулятори пружиною).

12.5. Дані матеріалів

Скопіюйте ключовий файл матеріалів USER_HT.KEY з папки

\$DEFORM3_DIR/TOOLS/COG/LABS в поточну папку (де створені шаблони даних).



Рисунок 12.16. - Запуск розрахунку обтиску (протягування)

Якщо дані створені, вийдіть з Майстра Обтиску і перейдіть в головне вікно. Натисніть на Ваш **MDT** (або **MST**) файл і потім на кнопку **Start Simulation** (Запуск розрахунку). З'явиться вікно **Розрахунок обтиску** (Рис. 16). Виберіть **Почати розрахунок** і натисніть "**ОК**" це запустить розрахунок обтиску. Ви можете спостерігати за ходом вирішення в вікні "Command/DOS prompt" так само як і з допомогою лог-файлу.

Ви можете викликати керуючу програму обтиску безпосередньо, з командного строки. Скрипт може бути запущено введенням **COG_CTRL3** або **COG_CTRL.COM** в UNIX або натисканням на **DEF_CTRL.COM** в Windows-NT/2000.

Введіть **0** для початку розрахунку, так як ми запускаємо новий розрахунок і натисніть клавішу **Enter**. Потім введіть ім'я завдання (**CogLab**) і скрипт викличе програму для створення бази даних, FEM-вирішувач почне розрахунок.

Як тільки розрахунок закінчиться, дані будуть збережені у файлі **CogLab.DB**. Постпроцесор **DEFORM-3D** може бути використаний для перегляду результатів. У разі, якщо Ви хочете зупинити і перезапустити завдання з будь-якого кроку, тоді Ви повинні зайти в препроцесор **Deform-3D**, завантажити останній крок, змінити номер операції для останньої операції і створити негативний крок. Використовуйте параметр продовження розрахунку та введіть номер останньої операції (НЕ номер кроку) в базі даних і натисніть "**ОК**".

Контрольні запитання

- 1) За допомогою якої підпрограми **DEFORM** відбувається моделювання даного процесу?

- 2) Як змінити систему одиниць вимірювання із системи СІ на англійську систему?
- 3) Для чого необхідно здійснювати кантування деталі?
- 4) Яким чином можна задати геометрію заготовки та інструментів?
- 5) Яка форма інструменту повинна бути для процесу, який представлено в лабораторній?
- 6) Для чого потрібен маніпулятор і які його параметри можуть бути задані в процесі?

Індивідуальне завдання

Згідно завдання №3 «Гаряче об'ємне штампування на КГШП, молоті та ГKM» (див. Додаток) використовуючи книги [2-3], ДСТ (ГОСТ) [4], поставити задачу для моделювання процесу гарячого об'ємного деформування. Якщо можливо, потрібно використовувати площини симетрії.

Див додаток/завдання №3

Студент за списком	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Варіант	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2

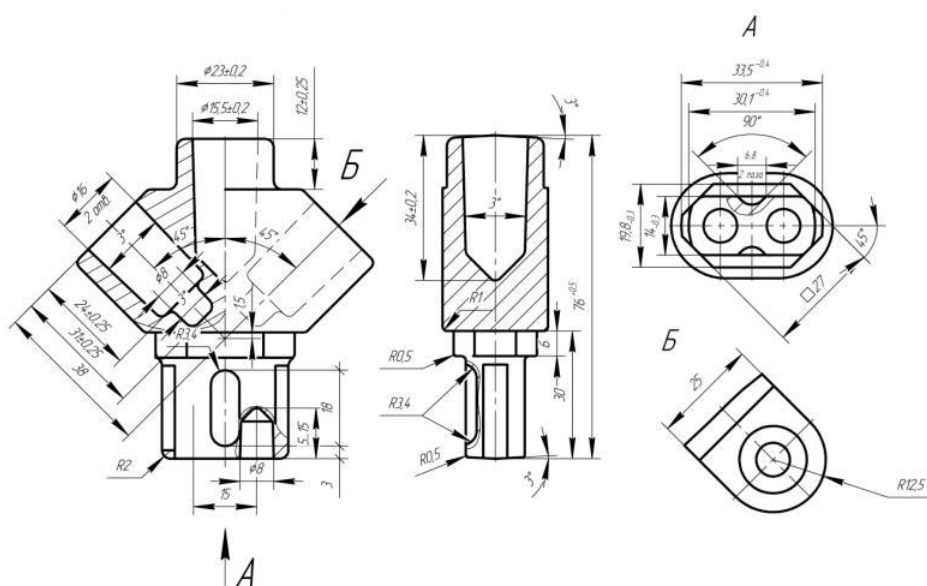
13. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ №4

Мета роботи: навчитись моделювати процес гарячого деформування поковок із кольорових металів (деталі типу крани, змішувачі)

Матеріал взято із літературного джерела []

Постановка задачі

Об'єктом дослідження є технологічний процес штампування корпусу змішувача з латуні ЛС59-1. Креслення поковки представлено на рис. 13.1.



1. Неуказанные штамповочные уклоны до 3°, радиусы до 2 мм.
2. H14, h14, ±IT14/2.

Рисунок 13.1. – Креслення поковки корпусу змішувача

Штампування здійснювалося на спеціальному кривошипному пресі, який має модуль субпресів, що дозволяють отримати бічні порожнини в поковці. Кінематична схема модуля субпресів представлена на рис. 13.2.

На першому етапі штампування рухається тільки верхня напівматриця, на другому разом з нею рухається нижня напівматриця, яка закріплена на рухомому столі. Переміщення рухомого столу забезпечує хід прошивальних пуансонів.

Попередній аналіз початкової технології показав, що дефекти (незаповнення по периметру поковки, дефекти прутка, тріщини) є наслідком помилок при проектуванні штампового оснащення і узгодження моментів початку руху і швидкостей прошивальних пуансонів, і основного повзуна преса. Було поставлено задачі, за допомогою математичного моделювання

технологічного процесу виявити фактори, що впливають на виникнення дефектів, визначити оптимальні швидкості руху пуансонів і зайти таку геометрію формотворного інструменту, яка б виключила появу дефектів.

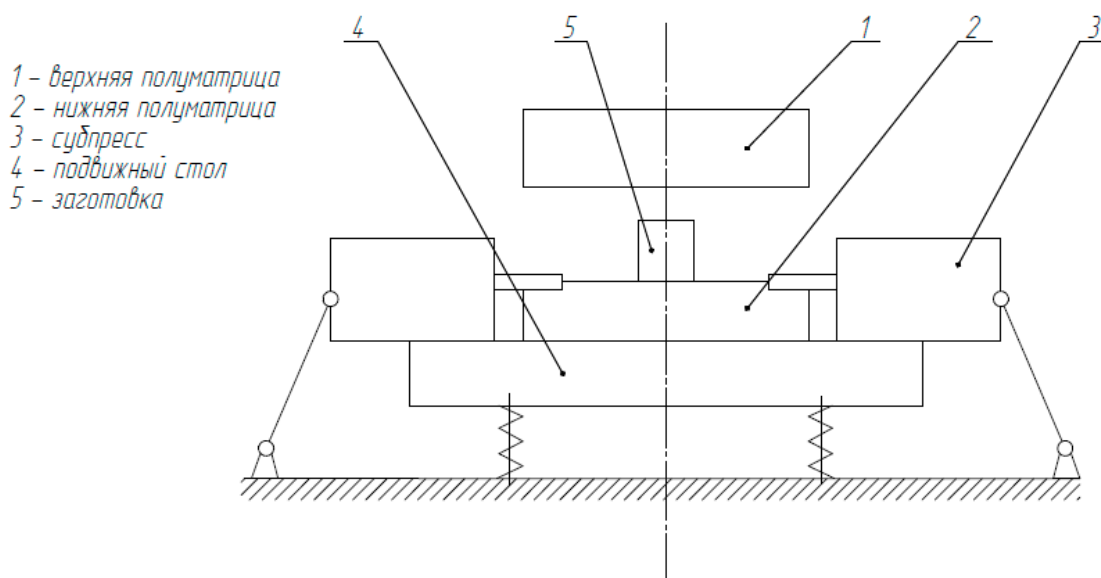


Рисунок 13.2. – Кінематична схема модуля субпресів

Розробка математичної моделі

При моделюванні використовувалася схема, показана на рис. 13.3.

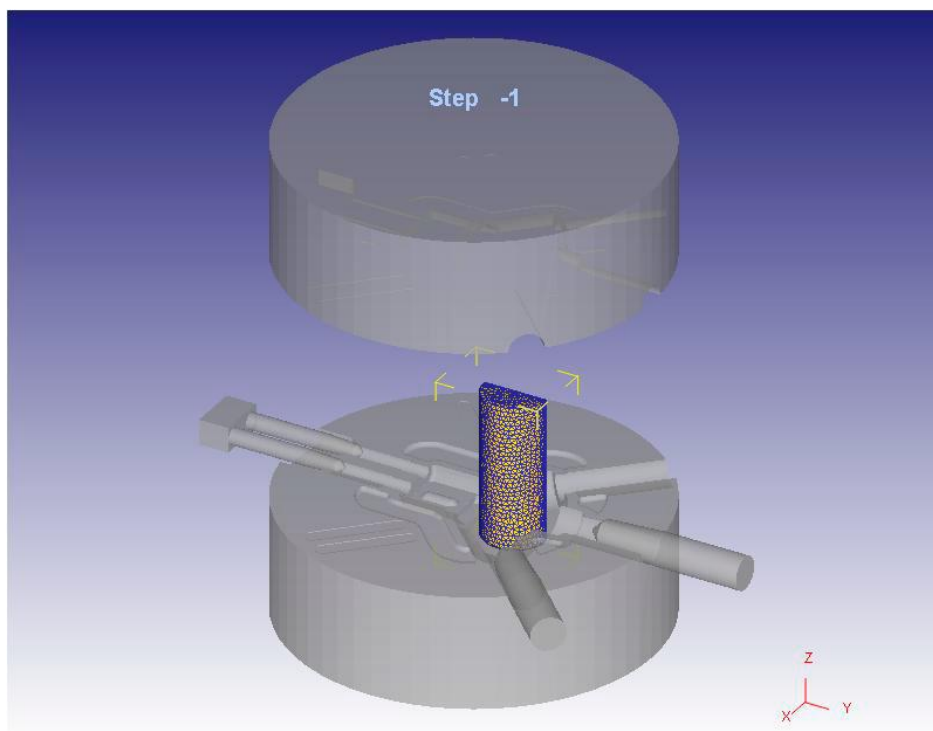


Рисунок 13.3. – Схема процесу штампування

Оскільки поковка має площину симетрії, то в процесі моделювання використовувалася половина циліндричної заготовки, що дозволило підвищити кількість скінченних елементів, а також точність розрахунку.

Матеріалом заготовки був обраний аналог латуні ЛС59-1, матеріал з бібліотеки програми DeForm-3D CuZn40Pb2. Реологічна модель містить криві зміцнення матеріалу при різних швидкостях деформації і температурах. Початкова кількість кінцевих елементів 20000.

Рух верхньої півматриці задається в програмі DeForm-3D через параметри кривошипного преса:

- число ходів повзуна;
- величина ходу повзуна;
- величина ходу деформування.

Оскільки визначити залежність руху прошивальних пуансонів від кута повороту преса не є можливим, то рух пуансонів визначається завданням постійної швидкості і направляючого вектору. Дане припущення не впливає на процес штампування і дозволяє спостерігати картину, наближену до реальності.

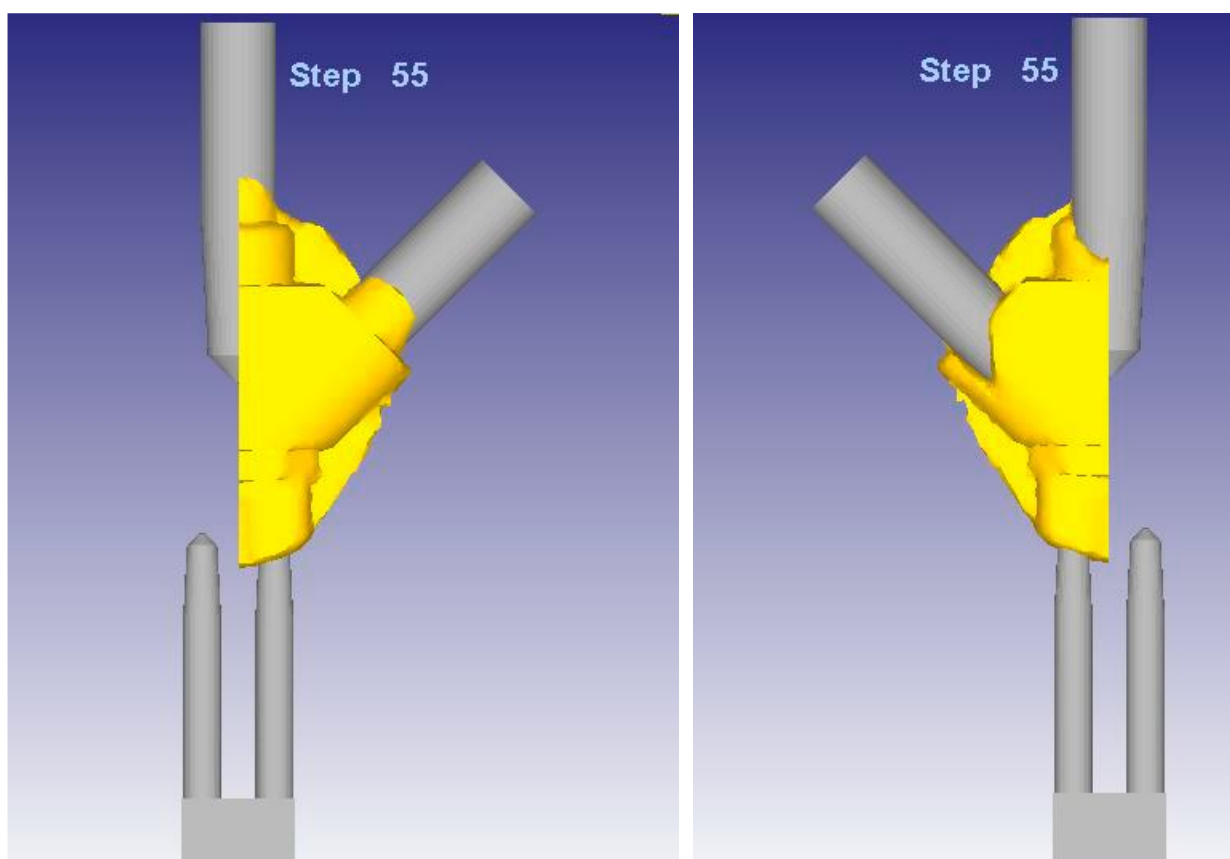
Процес штампування з використанням модуля субпресів можна розділити на дві частини: перша - осадження заготовки, яке відбувається до повного змикання півматриць, друга - прошивка отворів і остаточне заповнення порожнини штампа.

Перший етап відбувається при зафіксованому рухомому столі. Рухається тільки верхня півматриця. Процес осаджування заготовки припиняється, коли півматриці змикаються. На другому етапі при повному змиканні півматриць за рахунок опускання рухомого столу приводяться в дію прошивні пуансони, і відбувається прошивання отворів і повне заповнення порожнини штампа. Так як півматриці зімкнуті, то при моделюванні процесу вважаємо їх нерухомими, а рух пуансонів задаємо за допомогою напрямних косинусів.

Визначення оптимальної швидкості руху субпресів

На першому етапі дослідження була зроблена спроба проаналізувати можливість виконання технологічного процесу на іншому технологічному обладнанні, зокрема на спеціалізованому гідравлічному пресі.

При моделюванні процесу штампування було виявлено, що заповнення нижньої і верхньої півматриць відбувається несиметрично (рис. 13.4), причому на заповнюваність впливають такі параметри як величина швидкості руху пуансонів і момент початку впровадження пуансонів в тіло поковки (рис. 13.5).



а)

б)

Рисунок 13.4. - Заповнюваність півматриць: а) верхня півматриця; б) нижня півматриць

Для забезпечення кращої заповнюваності необхідно щоб пуансони вдавлювались в тіло поковки якомога пізніше. **Також краще, щоб центральний пуансон входив в поковки раніше, ніж бічні.**

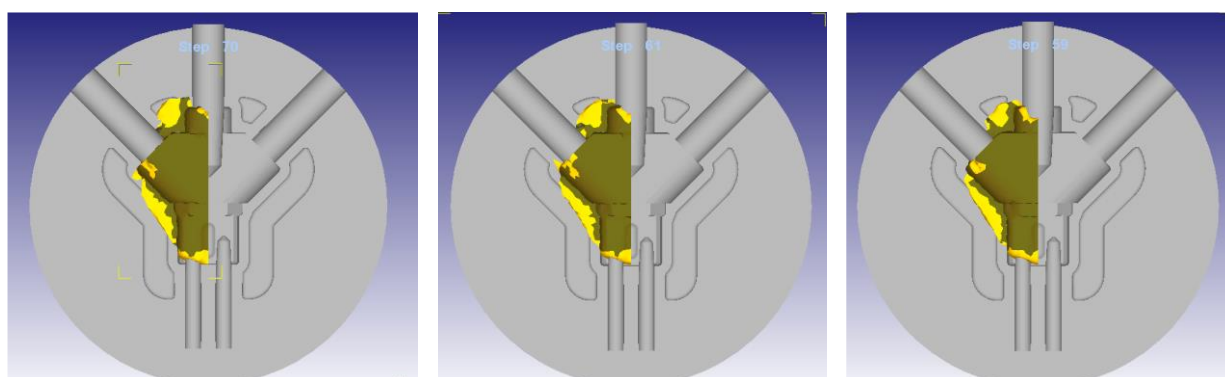


Рисунок 13.5. - Незаповнюваність при різному значенні швидкості руху пуансонів

Оптимальне заповнення було виявлено при наступних швидкостях руху пуансонів: центральний пуансон – 750 мм/с; боковий пуансон – 700 мм/с; центральний подвійний пуансон – 650 мм/с. Однак швидкість руху пуансонів виявилася дуже великою для забезпечення її за допомогою гідравлічного приводу, тому процес був змодельований для руху пуансонів за допомогою субпресу.

Підбір геометричних параметрів півматриць при використанні субпресу

При вдавлюванні пуансонів в тіло поковки між пуансоном і півматрицями не залишається зазору (пуансони конічною частиною повністю входять в тіло поковки). При цьому металу простіше текти в область, яка розташована над пуансоном, а не заповнювати кути поковки. При затікання металу на пуансони в кінцевий момент процесу штампування починається деформування облою, яке може привести до браку і навіть до заклинювання пресу (рис. 13.6).

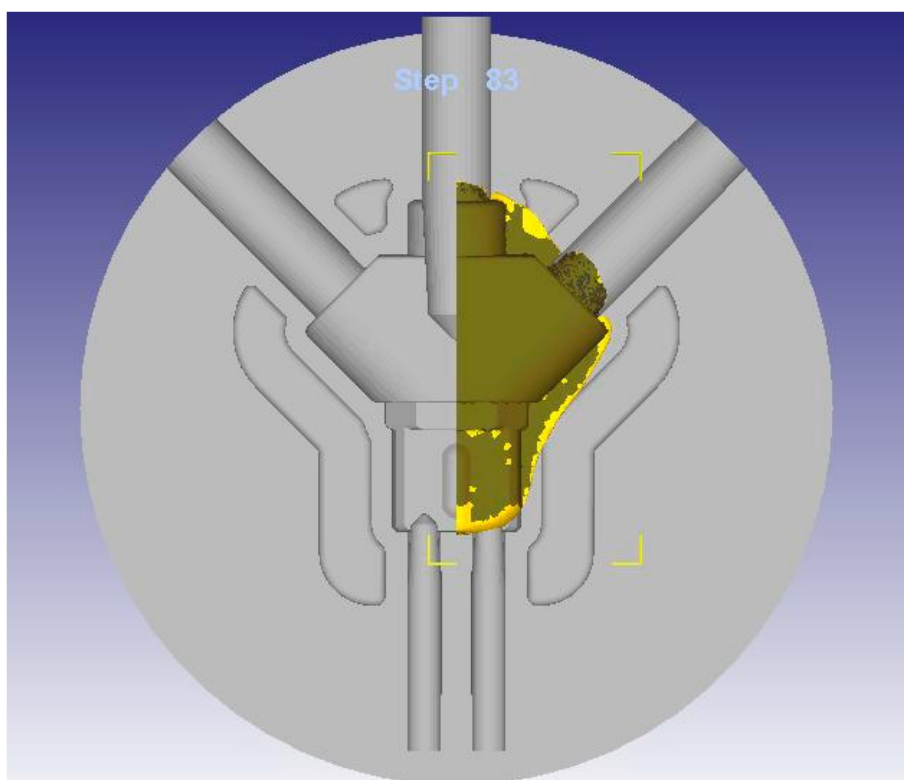
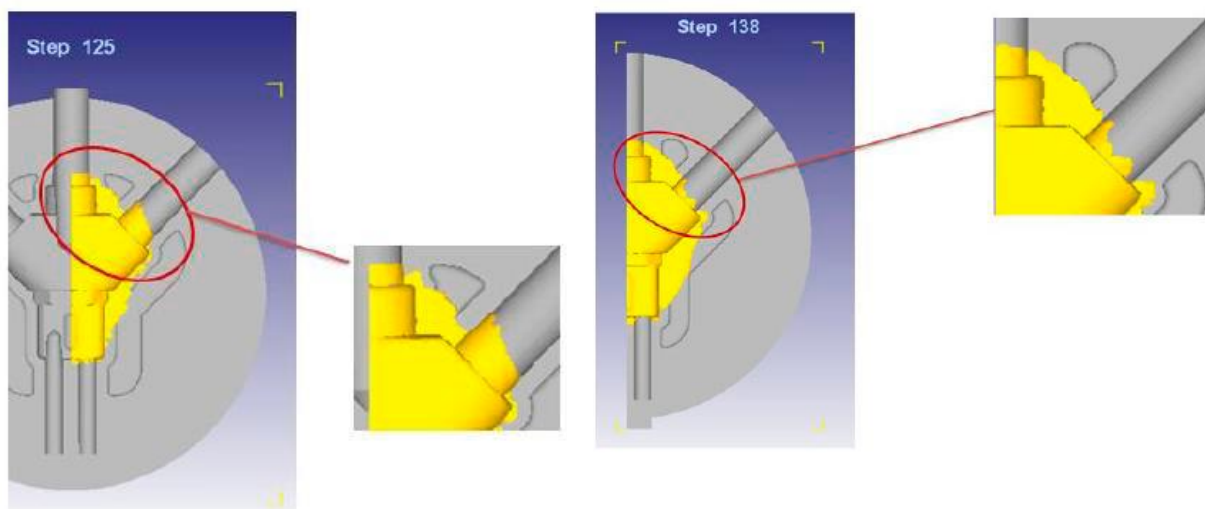


Рисунок 13.6. – Момент затікання облою на пуансони

При вихідній геометрії штампа конфігурація облойного містка така, що метал впирається в облойной місток, це заважає його плавній течії і призводить до утворення дефектів поковки. Для того щоб уникнути утворення таких дефектів, була змінена конфігурація облойного містка, що призвело до більш плавної течії металу (рис. 13.7).



а)

б)

Рисунок 13.7. - Розподіл металу в місці облойного містка: а) - вихідна геометрія ручая; б) - після зміни конфігурації

Для отримання бездефектної поковки в місцях під бічні пуансони була виконана циліндрична проточка (рис. 13.8), яка дозволила безперешкодно текти металу без формування затисків і тріщин (рис. 13.9).

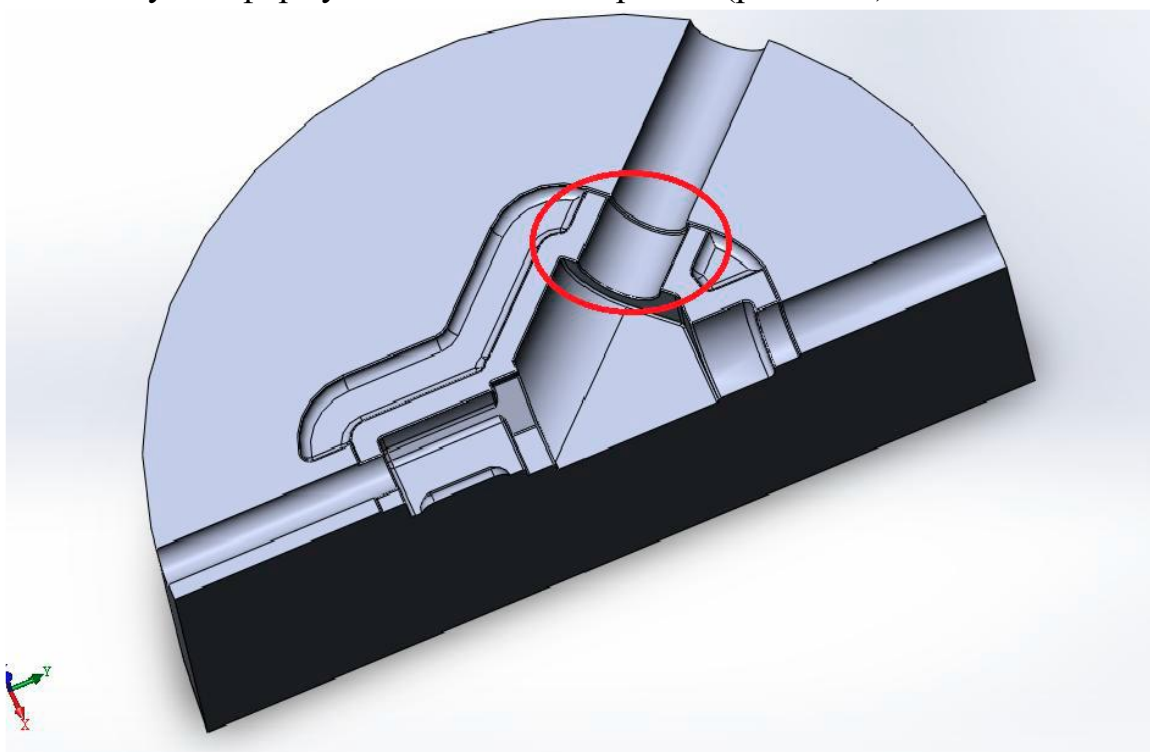


Рисунок 13.8. – Півматриця із циліндричними проточками під пуансонами

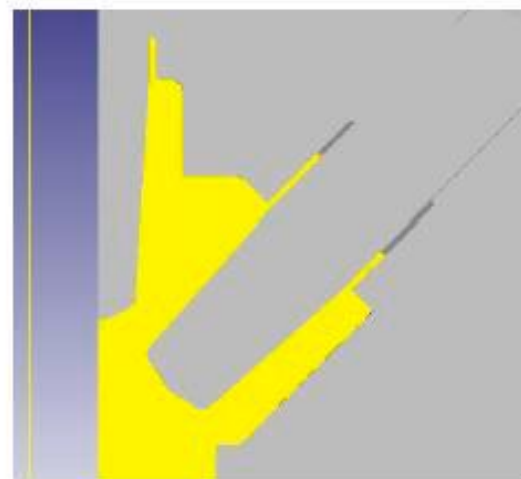
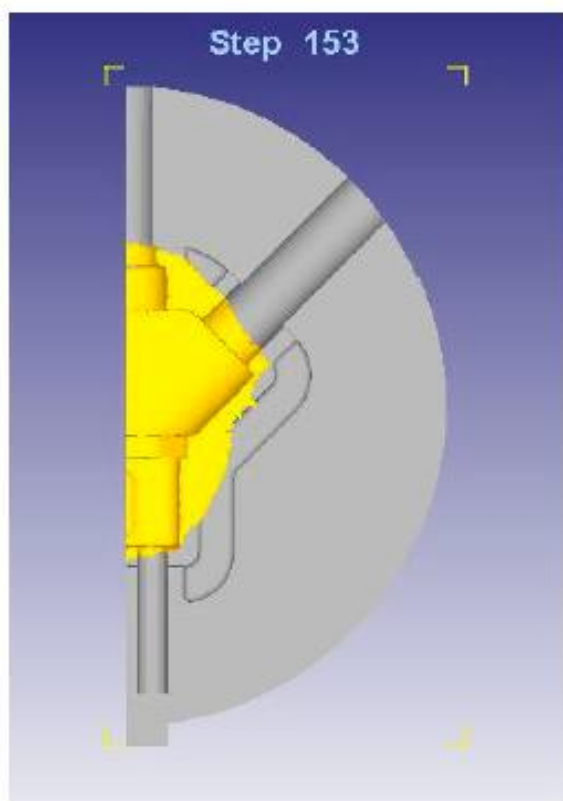


Рисунок 13.9. Розподіл металу в півматриці з циліндричними проточками

В результаті моделювання була отримана поковка із бездефектною структурою (рис. 13.10)

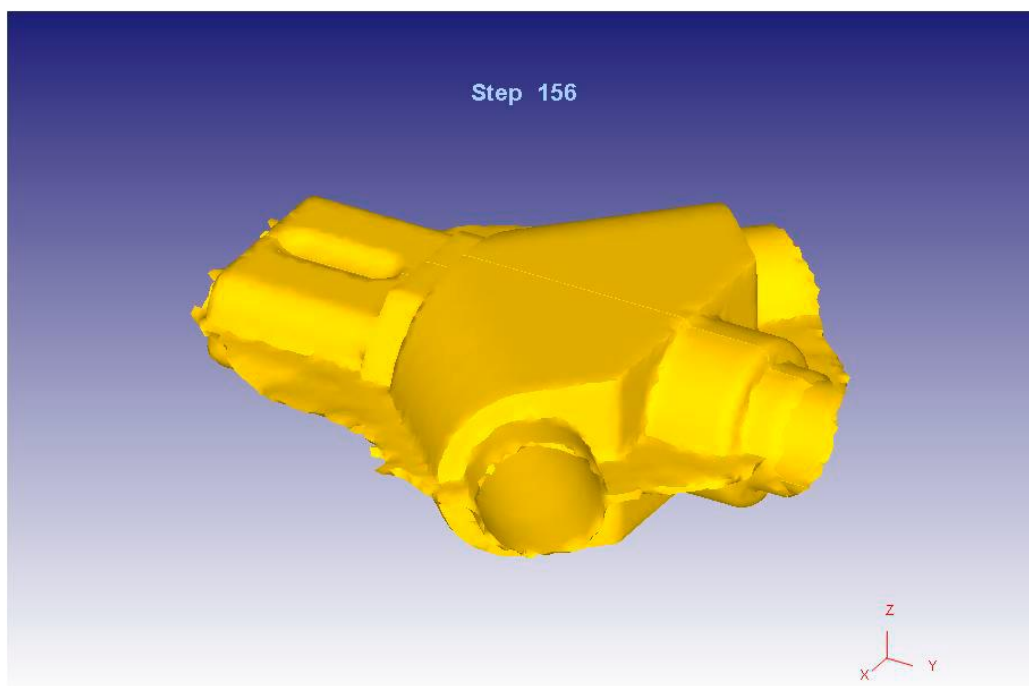


Рисунок 13.10. - Поковка

Контрольні запитання

- 1) Яким тип обладнання використовується для штампування деталей типу «кран/змішувач»?
- 2) Яким чином задати рух бокових пуансонів?
- 3) Як розрахувати величину облою?
- 4) З якого довідника розраховується параметри облойної канавки?
- 5) Які дефекти можуть бути при штампуванні даних деталі і як можна уникнути їх або мінімізувати?
- 6) До якої температури слід підігрівати штамп і чи слід це взагалі робити?

Індивідуальне завдання

Базуючись на попередньому досвіді щодо постановки задач в DEFORM розробити процес штампування деталей типу кран/змішувач згідно завдання №4 «Об'ємне штампування деталей із кольорових металів (крани, змішувачі)» (див. Додаток). Про постановці задачі, розрахунку об'єму заготовки, розробки інструменту користуйтеся посиланнями на джерела [2-6]:

Див додаток/завдання №4

Студент за списком	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Варіант	1	2	3	4	5	6	7.1	7.1	8	9.1	9.2	1	2	3	4	5

Рекомендована література

1. DEFORM V11.0 (PC) Documentation.
2. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 1. Под ред. Е.И. Семенова. М.: Машиностроение, 1985.
3. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2. Под ред. Е.И. Семенова. М.: Машиностроение, 1985.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные.
5. Сомкина А.С., Власов А.В. / Применение математического моделирования методом конечных элементов для совершенствования процессов объемной штамповки деталей из цветных материалов // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. №12. 2014. С. 71-72.
6. ОСТ5.0004-70. Поковки из цветных сплавов, допуски и припуски.

Додаток

Індивідуальні завдання

1) Вісесиметрична та 2) об'ємна задачі

Варіант №1

Зворотне видавлювання порожнини

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – заготовка

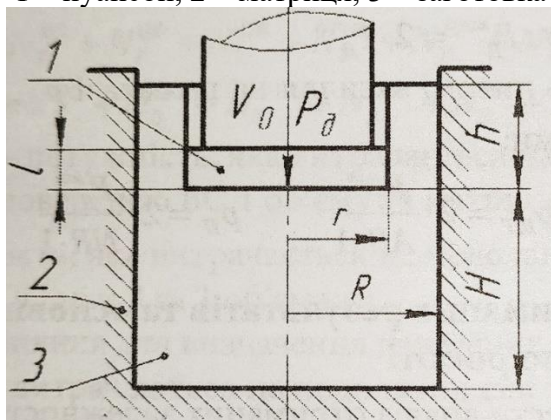


Рис. Схема процесу

$V_0=2$ мм/с, алюмінієвий сплав 2024, температура = 450 С, $h=10$ мм, $l=2$ мм, $R=20$ мм, $H=40$ мм, $r=10$ мм, радіус заокруглення робочої кромки пуансону 1мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №2

Пряме видавлювання порожнини

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – нерухомий пуансон, 4 – заготовка

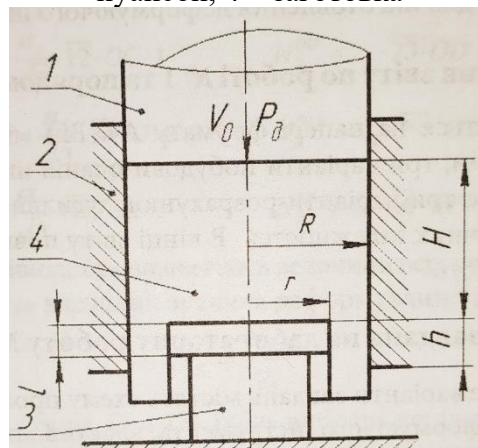


Рис. Схема процесу

$V_0=2$ мм/с, алюмінієвий сплав 6063, температура = 500 С, $h=10$ мм, $l=2$ мм, $R=20$ мм, $H=40$ мм, $r=10$ мм, радіус заокруглення робочої кромки пуансону 1мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №3

Пряме видавлювання труби

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – заготовка

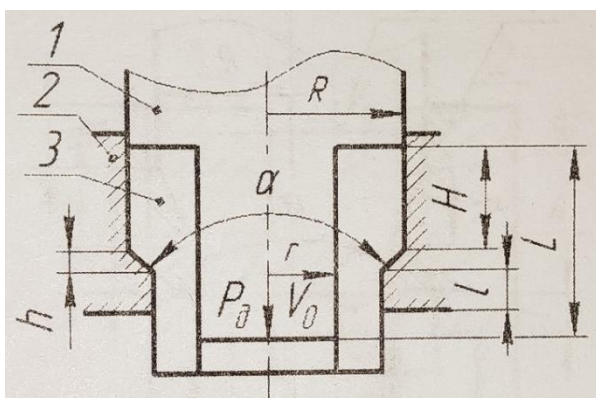


Рис. Схема процесу

$V_0=4$ мм/с, сталь 1020, температура = 1000 С, $h=15$ мм, $l=5$ мм, $L=60$ мм, $R=36$ мм, $H=30$ мм, $r=20$ мм, $\alpha=30^\circ$, радіус заокруглення робочої кромки матриці 2мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №4

Пряме видавлювання з роздачею круглої заготовки

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – плита, 4 – нижній пуансон, 5 – заготовка

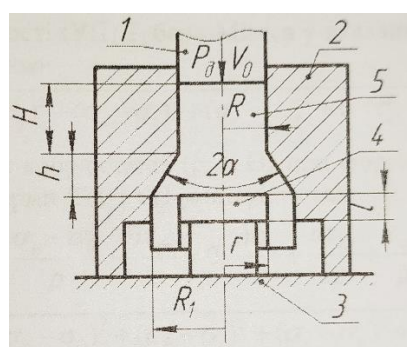


Рис. Схема процесу

$V_0=2$ мм/с, алюмінієвий сплав 3003, температура = 450 С, $H=25$ мм, $h=15$ мм, $R=20$ мм, $R_1=25$ мм, $l=4$ мм, $r=18$ мм, радіус заокруглення робочої кромки пуансону та кромки матриці 1,5мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №5

Зворотне видавлювання стержня плоско-конусним пуансоном

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – заготовка

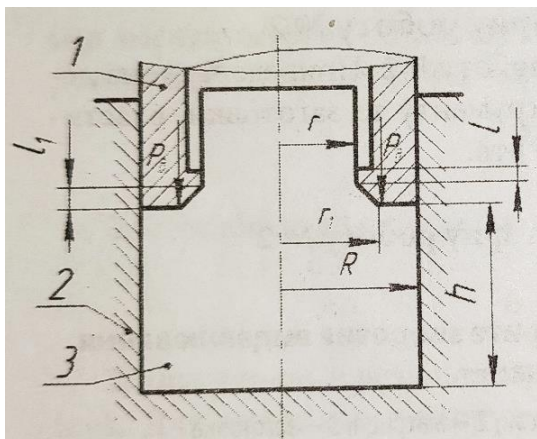


Рис. Схема процесу

$V_0=2$ мм/с, алюмінієвий сплав 3003, температура = 450 С, $H=10$ мм, $R=60$ мм, $r_1=50$ мм, $l=4$ мм, $l_1=10$ мм, $r=40$ мм, радіус заокруглень робочих кромek пуансону 1,5мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №6

Висадка відкрита

1 – плита, 2 – матриця, 3 – виштовхувач, 4 – заготовка

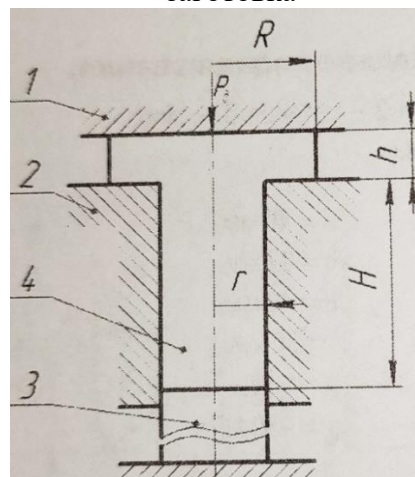


Рис. Схема процесу

$V_0=5$ мм/с, алюмінієвий сплав 3003, температура = 300 С, $H=40$ мм, $h=12$ мм, $R=40$ мм, $r=30$ мм, $l=7$ мм, радіус заокруглення робочої кромки матриці 2,5мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №7

Зворотне видавлювання трубчастим пуансоном

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – заготовка

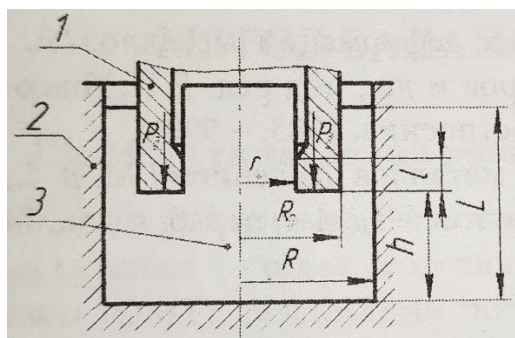


Рис. Схема процесу

$V_0=5$ мм/с, алюмінієвий сплав 3003, температура = 450 С, $h=30$ мм, $r=40$ мм, $R_0=50$, $R=60$ мм, $L=60$, $l=6$ мм, радіус заокруглення робочих кромek пуансону 2,5мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

Варіант №8

Пряме видавлювання стакана

1 – пуансон, 2 – матриця, 3 – нерухомий пуансон, 4 - заготовка

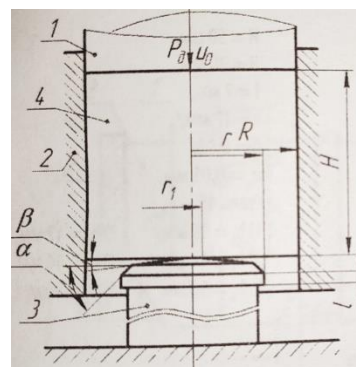


Рис. Схема процесу

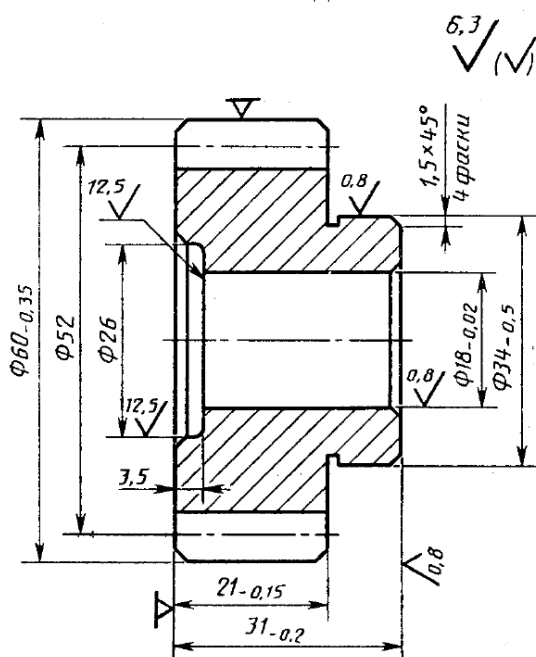
$V_0=3$ мм/с, алюмінієвий сплав 6063, температура = 20 С, $H=30$ мм, $R=22$ мм, $l=4$ мм, $r=16$ мм, $r_1=2$ мм, $\alpha=45^\circ$, $\beta=7^\circ$, радіус заокруглення робочих кромek пуансону 2мм. Розрахунок проводити із врахуванням теплових процесів.

3) Гаряче об'ємне штампування на КГШП, молоті та ГKM

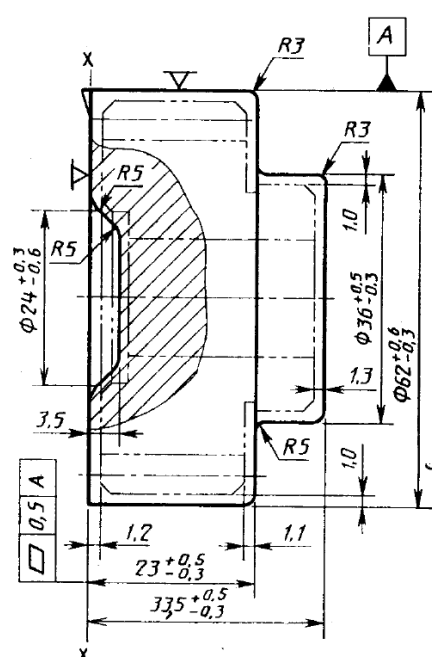
Примітка: визначити чи потрібне операція осаджування та кількість переходів штампування (чи потрібні чорнові ручаї), нагрів заготовки – індукційний, час між перенесенням заготовки від печі до пресу – 10 с, вибрати температурний інтервал штампування, температура нагріву штампового обладнання – 250 °С, визначити тим змащення. Варіанти взяті із ДСТ (ГОСТ) 7505-89 [4].

Варіант №1 Шестерня приводу

Готова деталь



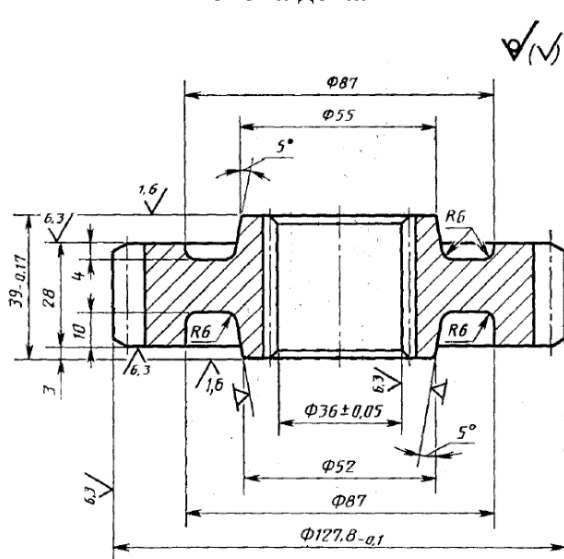
Поковка



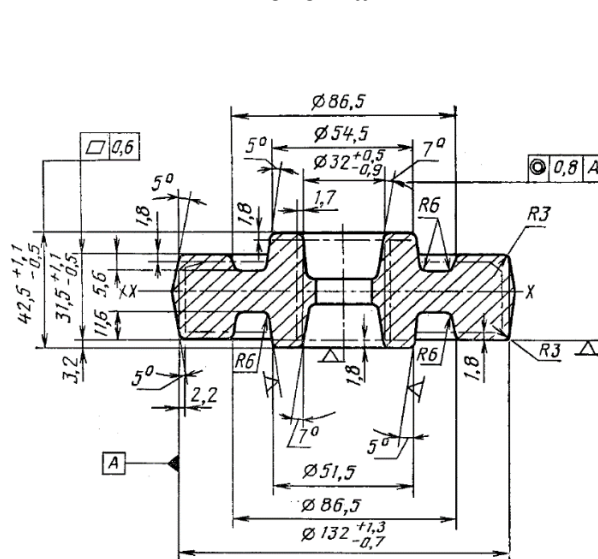
Обладнання – КГШП Матеріал – 30ХМА

Варіант №2 Шестерня

Готова деталь



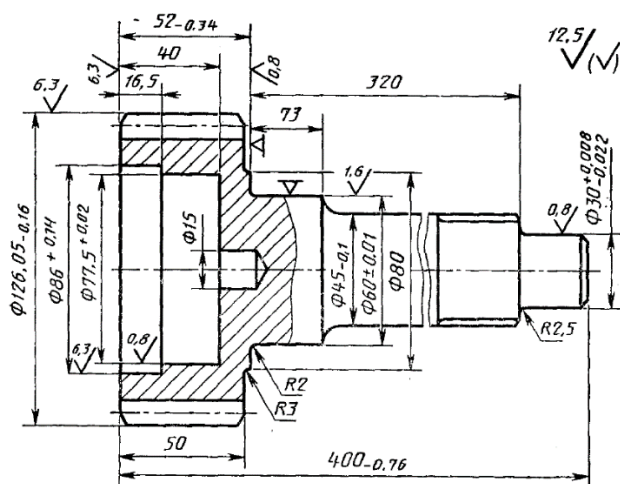
Поковка



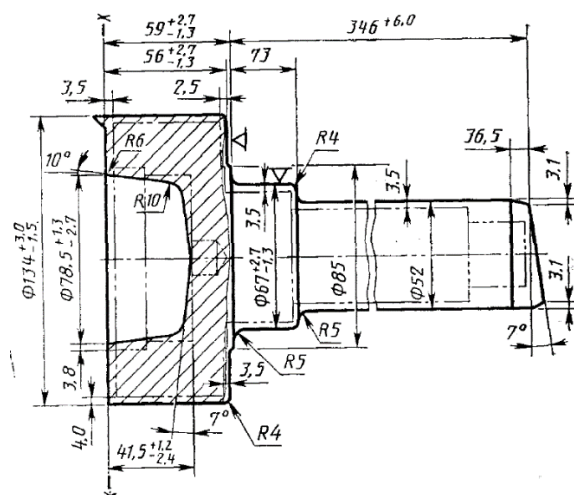
Обладнання – КГШП Матеріал – 45ХН2МФА

Варіант №7 Первинний вал

Готова деталь



Поковка

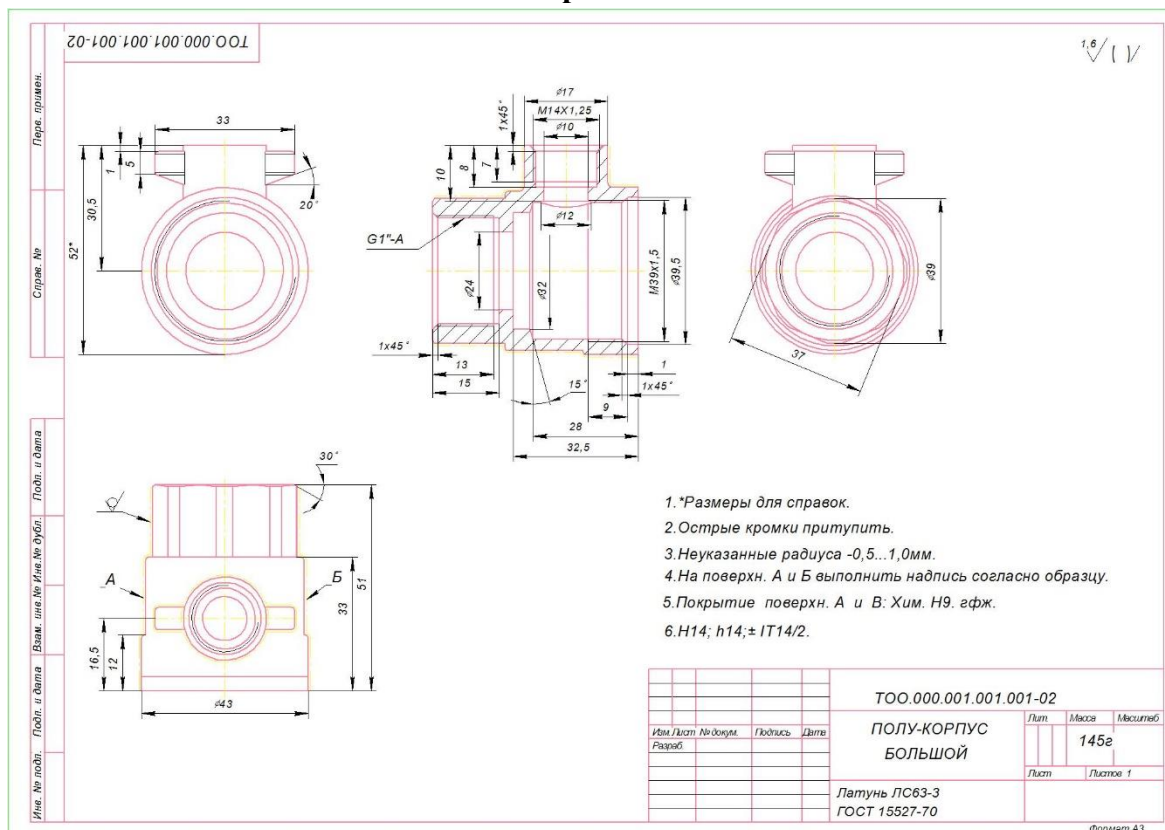


Обладнання – ГKM Матеріал – 15XГН2ТА

Обладнання – ГKM Матеріал – 45Г

4. Об'ємне штампування деталей із кольорових металів (крани/змішувачі)

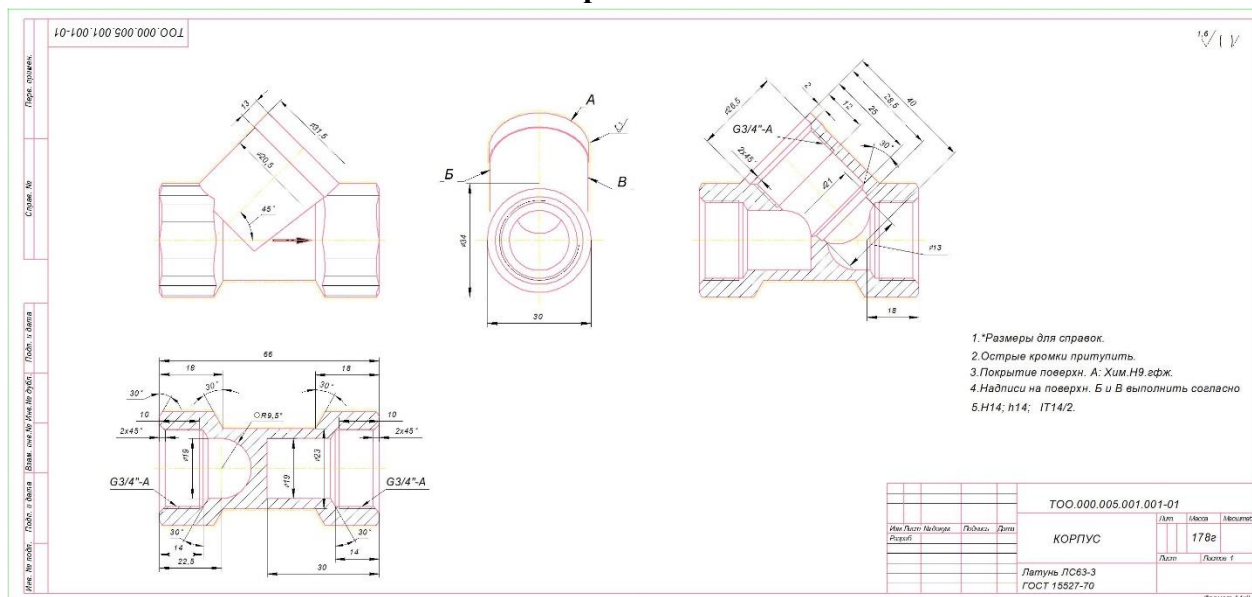
Варіант 1



(никелированная горячекатанная латунь CW617N)

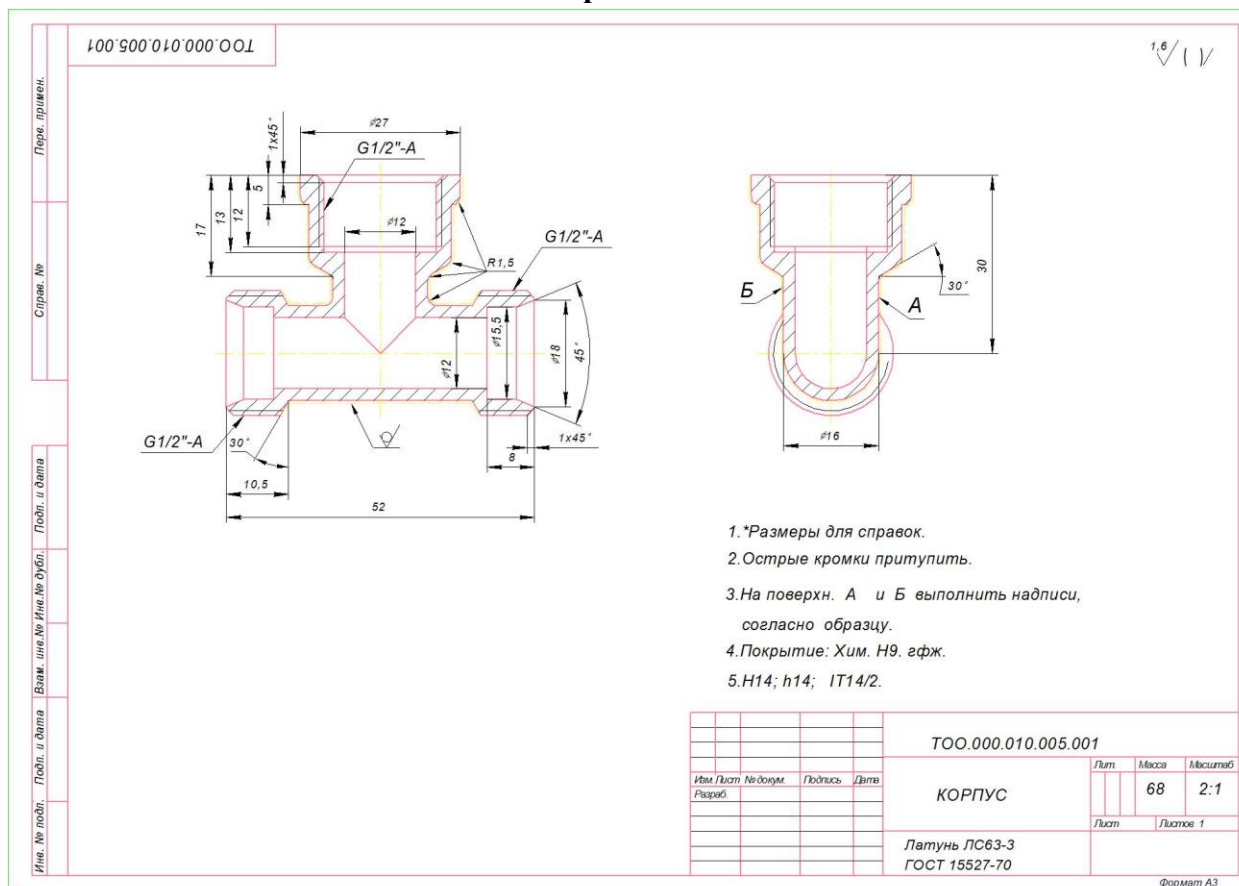
(КВЗ; КНЗ; КВРЗ; КНРЗ; КАЗ; КАЗВ)

Варіант №2



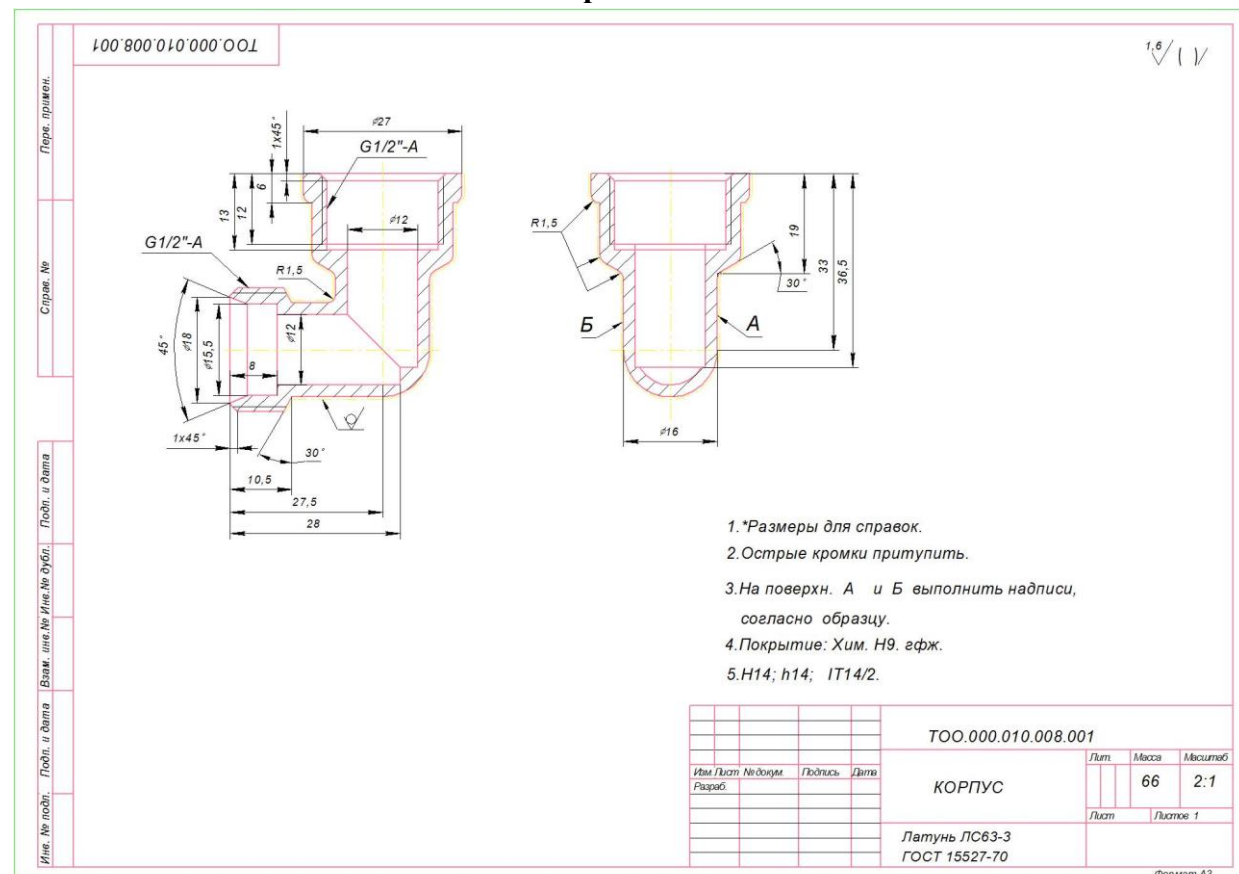
(горячекатанная латунь CW617N) (F2)

Варіант №3



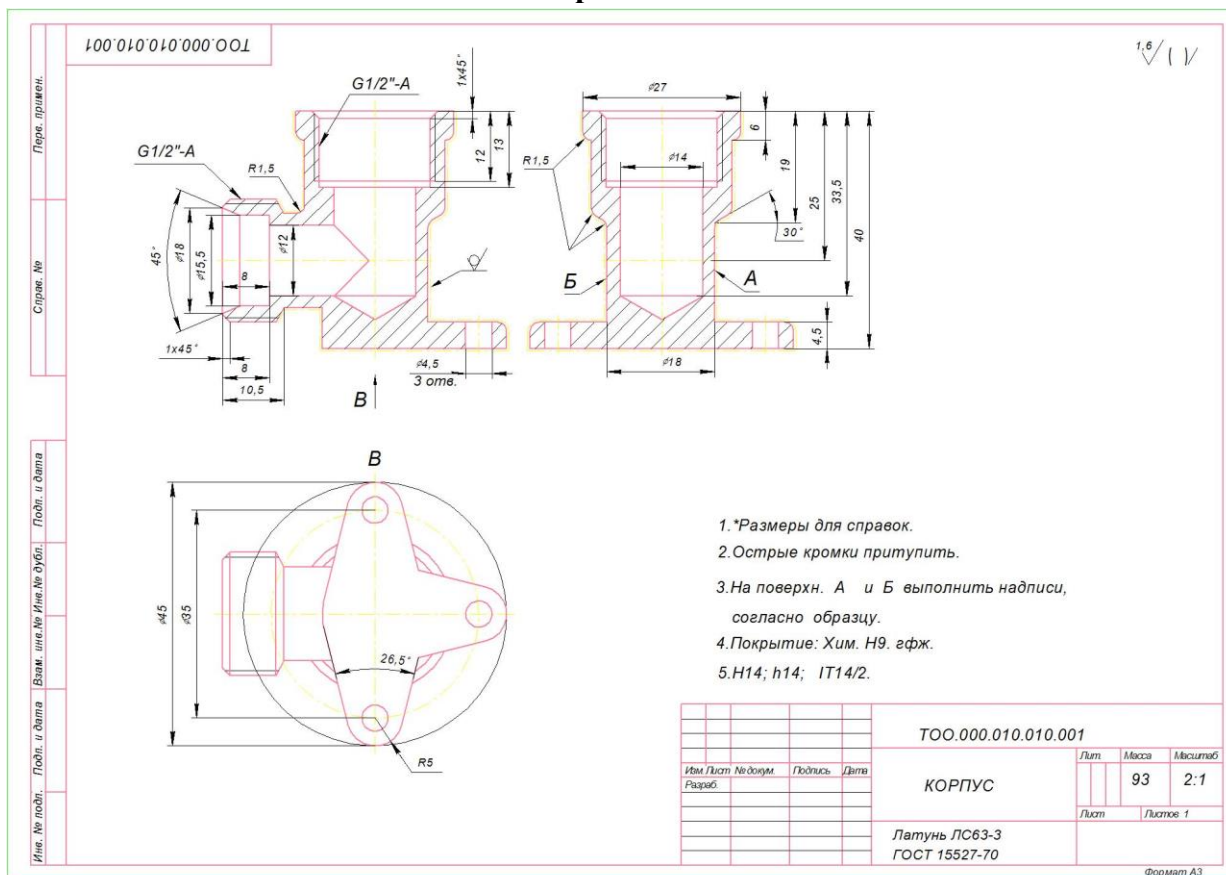
(никелированная горячекатанная латунь CW617N) (RFT11)

Варіант №4



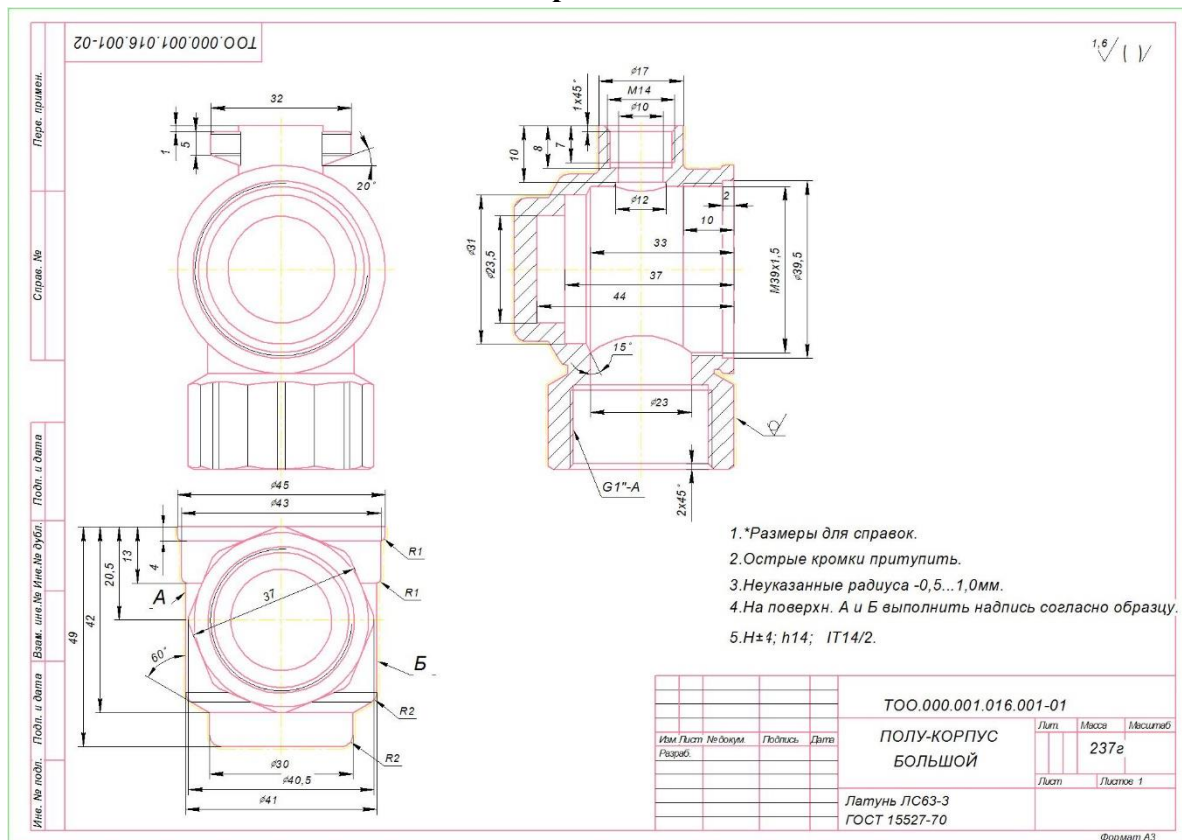
(никелированная горячекатанная латунь CW617N) (RFTU11)

Вариант №5



(никелированная горячекатанная латунь CW617N) (RF-TU30)

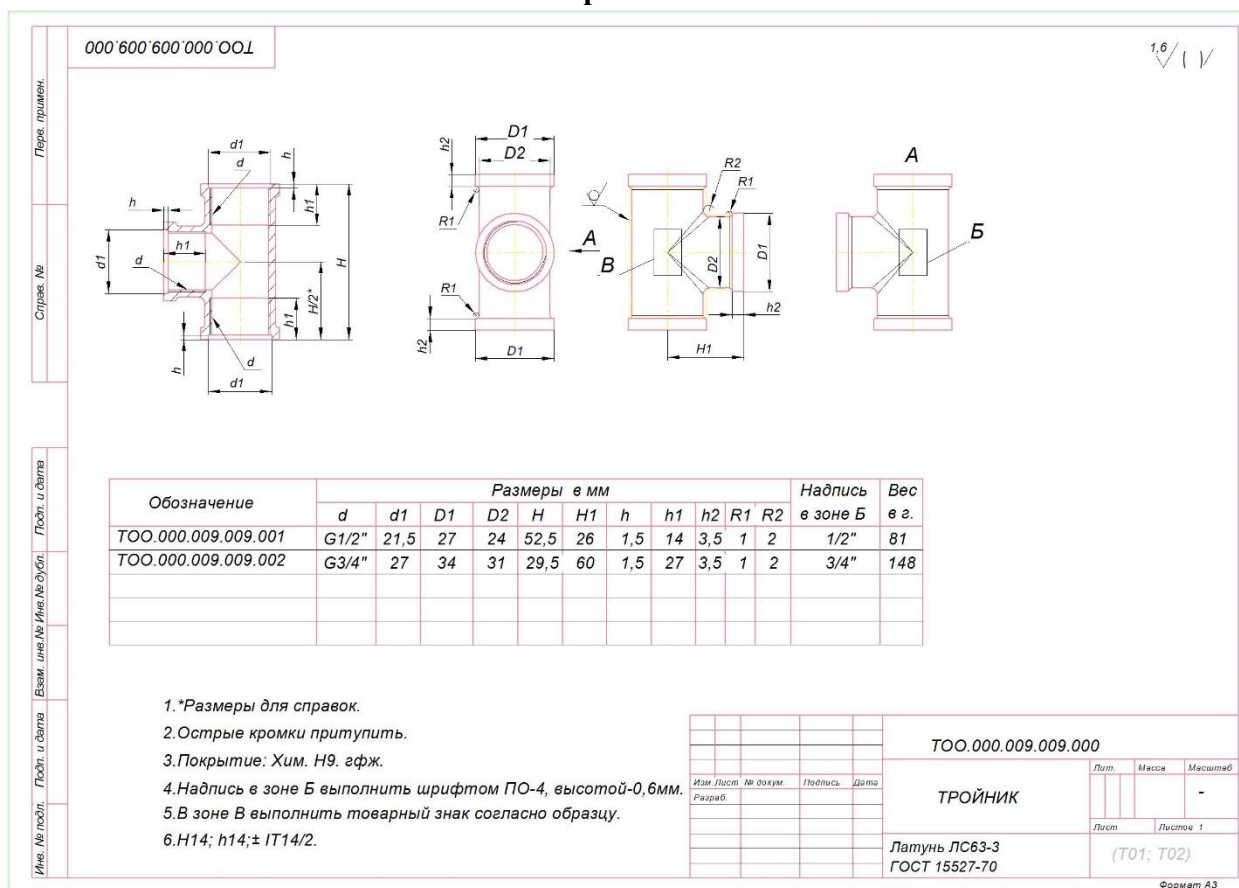
Вариант №6



(никелированная горячекатанная латунь CW617N)

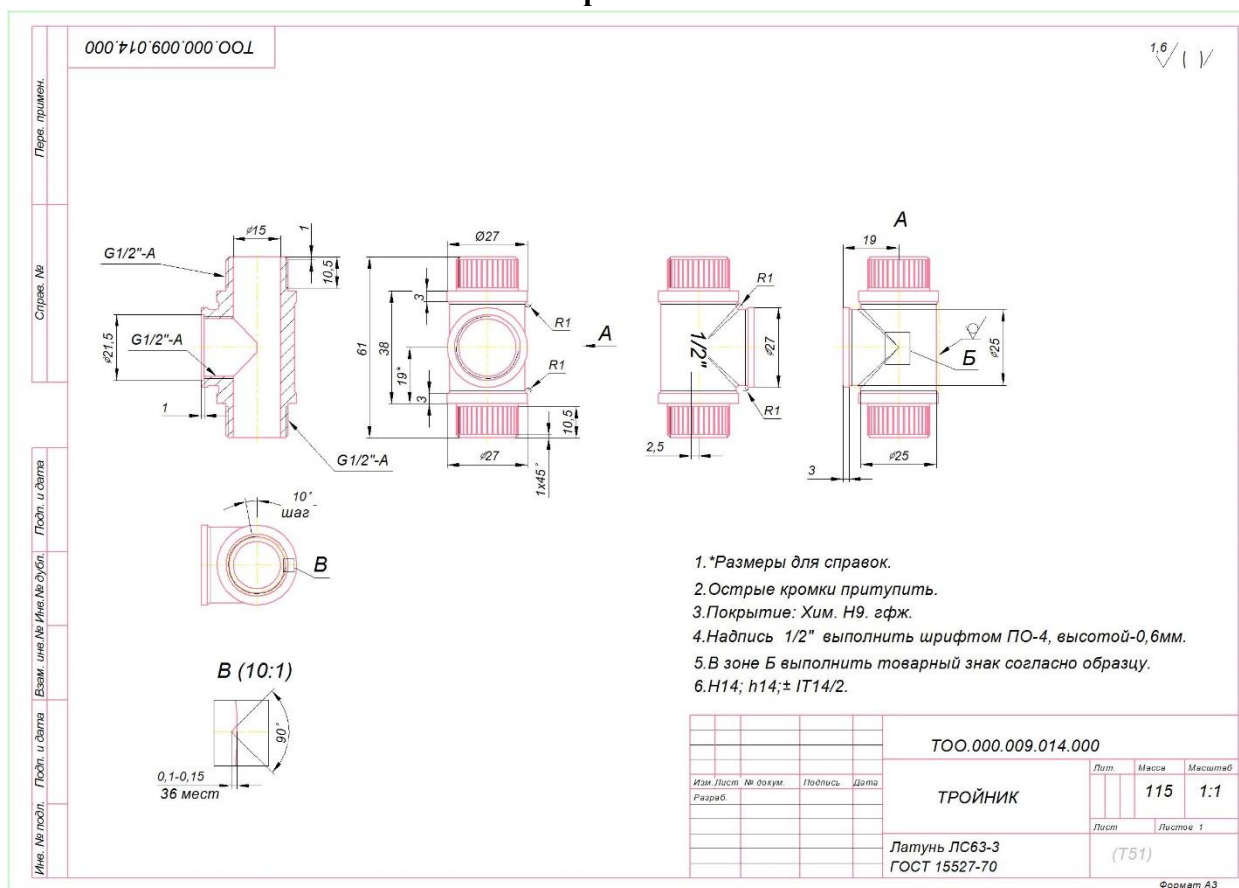
(KBU2)

Вариант №7

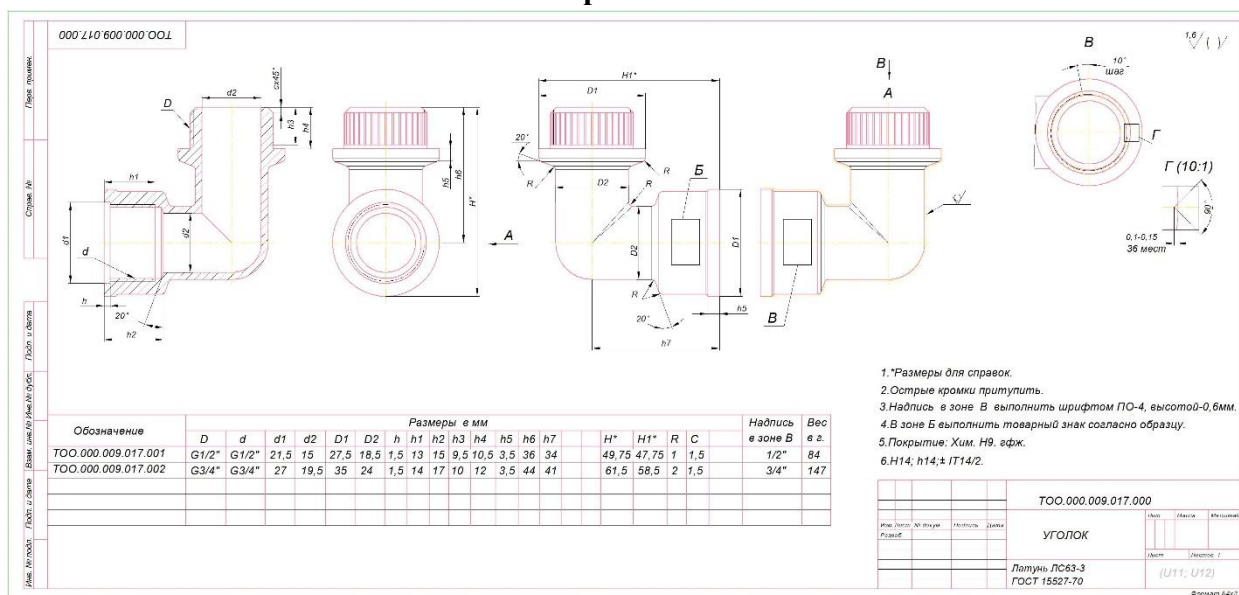


(никелированная горячекатанная латунь CW617N)

Вариант №8



(никелированная горячекатанная латунь CW617N)



(никелированная горячекатанная латунь CW617N)